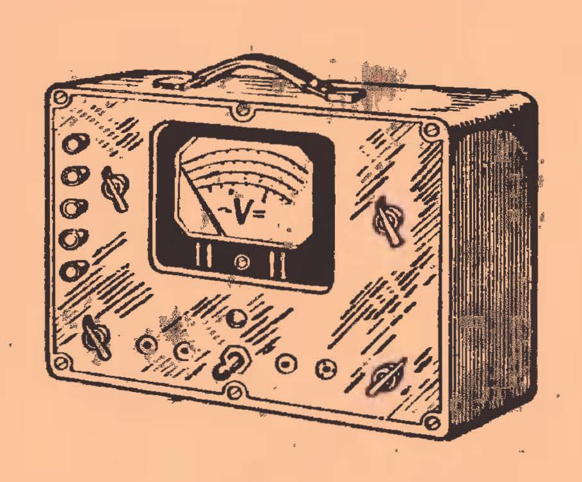
МАССОВАЯ
РАДИО-
БИБЛИОТЕКА

В. А. ОРЛОВ

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ РАДИОЛЮБИТЕЛЯ





ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

ДАННЫЕ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ПРИБОРОВ

		Универсальный измерительный прибор	Генератор высокой частоты	Генератор звуковой частоты	Куметр	Электронный осциллограф
Тип пластин сердечника		Ш-22	Ш-22	Ш-22	Ш-22	Ш-32
Толщина набора, *мм*		30	30	30	30	40
Сетевая обмотка	Витков	1 100+170 +970	1 100+170 +970	1 100+170 +970	1 100+170 +970	550 + 85 + 465
	Провод[1], *мм*	0,3 + 0,3 + 0,3	0,45+0,45+0,03	0,45+0,45 +0,3	0,45+0,45 + 0,3	0,55 + 0,55 + 0,4
Экранная обмотка	Витков	—	Один слой	Один слой	Один слой	Один слой
	Провод, *мм*	—	0,3	0,3	0,3	0,3
Повышающ. обмотка	Витков	2 500 + 2 500	2 500 + 2 500	2 500 + 2 500	2 500 + 2 500	1 500 +1 500+3 000
	Провод, *мм*	0,1	0,2	0,2	0,2	0,23 + 0,23 + 0,1
Обмотка накала ламп	Витков	63	63	31,5 + 31,5	63	32
	Провод, *мм*	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0
Обмотка накала кенотрона	Витков	63	63	31,5 + 31,5	63	25
	Провод, *мм*	0,55	0,55	0,55	0,55	1,0
Обмотка накала высоковольтного кенотрона	Витков	—	—	—	—	32
	Провод, *мм*	—	—	—	—	0,4
Дополнительная обмотка	Витков	35[2]	—	—	—	32[3]
	Провод, *мм*	0,9	—	—	—	0,55

[1] Провод для всех обмоток марки ПЭЛ.
[2] Обмотка источника переменного напряжения измерителя емкостей.
[3] Обмотка накала электронно-лучевой трубки.

МАССОВАЯ РАДИО БИБЛИОТЕКА

ПОД ОБЩЕЙ РЕДАКЦИЕЙ АКАДЕМИКА А. И. БЕРГА

Выпуск 101

В. А. ОРЛОВ

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ РАДИОЛЮБИТЕЛЯ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

МОСКВА 1951 ЛЕНИНГРАД

В брошюре описываются схемы и конструкции самодельной измерительной аппаратуры, предназначенной для налаживания и испытаний радиолюбительских конструкций.

В ней приводятся описания универсального лампового измерительного прибора, генератора звуковой частоты, высокочастотного сигнал-генератора, куметра и электронного осциллографа.

Брошюра предназначена для подготовленных радиолюбителей и для радиокружков.

СОДЕРЖАНИЕ

Редактор *В. Я. Сутягин* Техн. редактор *Г. Е. Ларионов*

Сдано в пр-во 30/I 1951 г. Подписаио к печати 17/IV 1951 г.

Бумага $82\times108^{1}/_{32}=1^{1}/_{4}$ бумажных — 4,1 п. л. уч.-изд. л. 4,5

Т-02676 Тираж 25 000 экз. Заказ 1045

Типография Госэиергоиздата. Москвз, Шлюзовая иаб. 10.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Партия и советское правительство уделяют большое внимание развитию и распространению в массах радиотехнических знаний. В Советском Союзе создана широкая сеть радиоклубов, кружков и консультаций. Следствием этого является резкое повышение уровня теоретических и технических знаний радиолюбителей.

Современное радиолюбительство достигло уже такой ступени своего развития, когда любители изготовляют настолько сложные конструкции, что налаживание их трудно, а порой и просто невозможно осуществить без целого ряда измерительных приборов. Поэтому измерительная аппаратура начинает все шире и шире распространяться не только среди радиокружков и квалифицированных радиолюбителей, но также и среди любителей, еще только начинающих свой творческий путь.

Для того чтобы изготовить и хорошо наладить высококачественный радиоприемник, телевизор или аппарат для звукозаписи, необходим целый ряд приборов. Часть из них, как, например, универсальный ламповый вольтамперметр, генератор высокой частоты, генератор звуковой частоты, являются приборами первой необходимости, другие же, как, например, куметр, электронный осциллограф с различными приставками, прибор для покаскадной проверки радиотракта и другие, играют второстепенную роль. Они значительно облегчают и упрощают процесс изготовления и налаживания радиоаппаратуры.

Эта брошюра содержит описание самодельной аппаратуры измерительной лаборатории радиолюбителя. В ней описаны схемы, принципы действия и конструкции необходимых в радиолюбительской практике приборов.

Тем, кто пожелает изготовить описанные здесь приборы, необходимо твердо помнить несколько непременных условий, без соблюдения которых самодельные приборы могут принести только вред.

1. Все приборы должны быть тщательно выполнены и налажены.

Не следует гнаться за возможными на первый взгляд упрощениями или удешевлениями того или иного прибора. Эти необоснованные упрощения могут резко понизить точность приборов, и если такая пониженная точность на первых порах и удовлетворит вас, то в дальнейшем, с ростом вашей технической культуры, вы неизбежно придете к необходимости повысить точность измерений, а, следовательно, заново переделать тот или иной прибор.

2. Все шкалы должны иметь четкие, хорошо различимые деления, оцифрованные крупным ясным шрифтом.

Погоня за излишней «красивостью» шкалы может привести к неразборчивой слепой шкале и, в результате, к ошибкам при измерениях. Все ручки, которые выведены на лицевую панель прибора, должны иметь обозначение выполняемых ими функций.

3. Необходимо ясно представлять себе возможность того или иного прибора, знать его точность и поправки к нему, периодически производить проверку всех приборов вашей измерительной лаборатории.

Нужно твердо помнить, что даже грубым прибором можно производить достаточно точные измерения, если знать и уметь учитывать поправки.

Ограниченный объем брошюры не позволил с достаточной полнотой осветить все вопросы, связанные с принципом действия, изготовлением и налаживанием приборов. Однако консультацию по этим вопросам всегда можно получить в ближайшем городском радиоклубе. Там же помогут осуществить градуировку и периодическую проверку приборов.

Задача этой брошюры состоит не только в том, чтобы дать описание и конструкцию измерительных приборов, но также и в том, чтобы научить радиолюбителя разбираться в принципе действия каждого узла прибора и сознательно подходить к изготовлению приборов радиолюбительской лаборатории, т. е. научить основам правильного и грамотного создания любого типа любительских конструкций. Насколько успешно решена автором эта задача, пусть судит ее читатель.

Автор будет признателен за все указания и критические замечания, о чем и просит читателей сообщить ему по адресу: Москва, Шлюзовая наб., 10, Госэнергоиздат.

В. А. Орлов.

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРИБОР

Универсальный измерительный прибор позволяет производить целый ряд измерений, которые чаще всего встречаются в практике радиолюбителей.

Описываемый прибор может быть использован для измерения напряжений постоянного тока, напряжений переменного тока, измерения величин активных сопротивлений и емкости, а также для измерения постоянных токов.

Использование лампового измерительного моста в схеме прибора значительно увеличивает входное сопротивление прибора при измерении напряжений постоянного тока; кроме того, расширяет его частотную характеристику и делает этот прибор пригодным для измерения напряжений переменного тока ультравысокой частоты.

С помощью универсального измерительного прибора можно измерять:

1. Напряжение постоянного тока в пределах от 0,05 до 10 000 *в*. Этот предел измерений разделен на 7 диапазонов с величинами шкал 3—10—30—100—300—1 000—3 000 *в*. Входное сопротивление вольтметра на всех диапазонах равно 11 *мгом*.

Измерение напряжения постоянного тока в 10 000 *в* осуществляется на шкале 1 000 *в* с использованием внешнего добавочного сопротивления 90 *мгом*.

2. Напряжение переменного тока в пределах от 0,05 до 1 000 *в* на частотах от 20 *гц* до 100 *мггц*. Для этого прибор имеет 6 шкал 3—10—30—100—300—1 000 *в*. Входное сопротивление вольтметра вполне достаточно для точных измерений вплоть до 100 *мггц*.

3. Сопротивления в пределах от 0,5 *ом* до 200 *мгом*. Омметр имеет 7 шкал: основную от 0 до 200 *ом* (отметка «10 *ом*» в середине шкалы) и 6 кратных шкал: $\times 10$; $\times 100$; $\times 10^3$; $\times 10^4$; $\times 10^5$ и $\times 10^6$. Максимальный измерительный ток при измерении малых сопротивлений (меньше 1 *ом*) не превышает 300 *ма*.

4. Емкость в пределах от 50 *мкмкф* до 1 000 *мкф*. Весь диапазон разбит на 7 шкал. Значения делений на шкалах будут указаны ниже.

5. Постоянный ток в пределах от 10 *мка* до 1 *а*. Весь диапазон разбит на 4 шкалы: 0—1 *ма*, 0—10 *ма*, 0—0,1 *а* и 0—1 *а*.

Градуировку шкалы при измерении переменных напряжений можно произвести таким образом, чтобы измерять среднее эффективное значение синусоидального напряжения или пиковое значение любых иных видов напряжений при условии, что максимальная частота наивысшей гармоники напряжения не превышает 100 *мггц*.

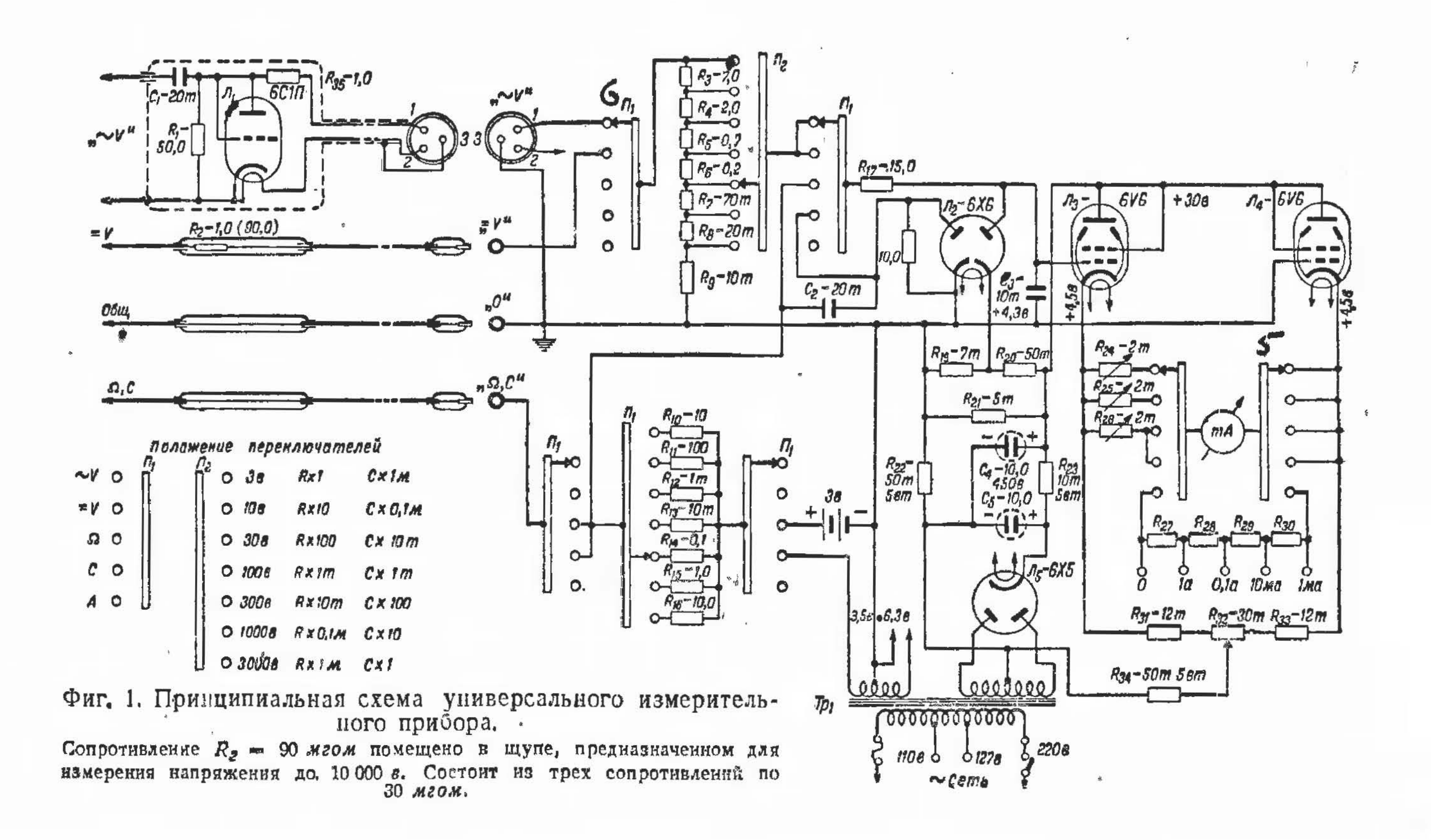
Точность всех измерений в пределах $\pm 5\%$.

При помощи ручки сопротивления R_{32}, вынесенной на переднюю панель прибора, стрелку указателя можно установить в середине шкалы. В этом случае измерение положительного и отрицательного напряжений постоянного тока можно производить без перемены местами щупов, что иногда бывает очень удобно, например при налаживании дискриминатора приемника ЧМ.

СХЕМА

Принципиальная схема прибора приведена на фиг. 1. Прибор состоит из следующих основных частей: вольтметра постоянного тока, собранного по мостиковой схеме (стрелка измерительного прибора отклоняется на всю шкалу при подаче на сетку лампы $Л_3$ напряжения +3 *в*); диодного выпрямителя; делительных цепей, общих для измерений постоянного и переменного напряжений; добавочных сопротивлений, входящих в схему омметра и измерителя емкостей; универсального шунта к миллиамперметру и 3-вольтовой батарейки. Рассмотрим схему прибора и принцип его действия при различных измерениях.

Измерительный мостик. Измерительный мостик (фиг. 2) состоит из двух ламп типа 6V6, сопротивлений R_{31} и R_{33}, помещенных в катодах этих ламп и соединенных между собой общим сопротивлением R_{32}. Сопротивление R_{32} предназначено для балансировки моста, т. е. для установки стрелки прибора на нуль. В случае необходимости мост может быть разбалансирован и стрелка прибора установлена в середине шкалы. Лампы 6V6 выбраны потому, что они имеют малый анодный ток и хорошую линейность ха-



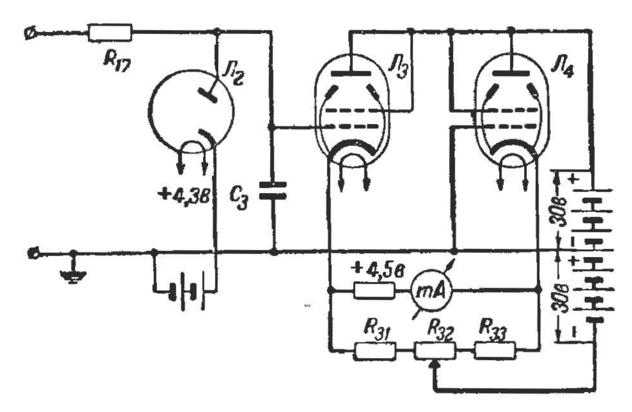
Фиг. 1. Принципиальная схема универсального измерительного прибора.

Сопротивление R_2 = 90 *мгом* помещено в щупе, предназначенном для измерения напряжения до 10 000 *в*. Состоит из трех сопротивлений по 30 *мгом*.

рактеристик в режиме катодного повторителя. Несколько худшие результаты дают лампы типа 6Ф6.

Напряжение на анодах ламп относительно шасси равно приблизительно +30 *в*, напряжение на катодах +4,5 *в*. При отсутствии сигнала сетки ламп $Л_3$ и $Л_4$ имеют потенциал шасси и, следовательно, смещение на сетках обеих ламп равно —4,5 *в*.

Мостиковая схема позволяет использовать любой измерительный стрелочный прибор, имеющийся в распоряжении



Фиг. 2. Схема измерительного мостика.

любителя. Желательно, чтобы он давал полное отклонение на всю шкалу при токе в 1 *ма* или меньше. Для этой цели очень хорошо использовать прибор типа ИТ, выпускаемый нашей промышленностью. Такие микроамперметры с отклонением стрелки на всю шкалу при токе 150 *мка* используются в тестерах типа ТТ-1 и вольтметрах типа ВК-2. Эти приборы имеют высокую точность и устойчивость показаний и большую, удобочитаемую шкалу.

Миллиамперметр и последовательные с ним калибровочные сопротивления (R_{24}, R_{25} и R_{26}) включены в измерительную диагональ мостика — между катодами ламп $Л_3$ и $Л_4$. Измеряемое напряжение прикладывается к управляющей сетке лампы $Л_3$ (сетка лампы $Л_4$ соединена с землей). Изменение смещения на управляющей сетке лампы $Л_3$ вызывает изменение анодного тока через лампу $Л_3$, что в свою очередь изменяет внутреннее статическое сопротивление лампы — одного из плеч моста, а это в результате приводит к тому, что через диагональ измерительного моста — миллиампер-

метр — потечет ток, величина которого пропорциональна приложенной разности потенциалов.

Все это справедливо, когда приложенное напряжение не превышает +4,5 *в* по отношению к шасси. Если напряжение на сетке лампы $Л_3$ превысит +4,5 *в*, то в цепи сетки появится сеточный ток, что резко изменит характер работы лампы. Для того чтобы напряжение на сетке лампы $Л_3$ не превышало величины +4,3 *в*, в схеме поставлена лампа $Л_2$ типа 6Х6, на один из катодов которой с делителя R_{19}; R_{20} подано напряжение в +4,3 *в*. В том случае, если напряжение превысит указанное значение, то лампа $Л_2$ отопрется, через нее потечет ток, который вызовет падение напряжения на R_{17} и тем самым ограничит величину напряжения на сетке лампы $Л_3$.

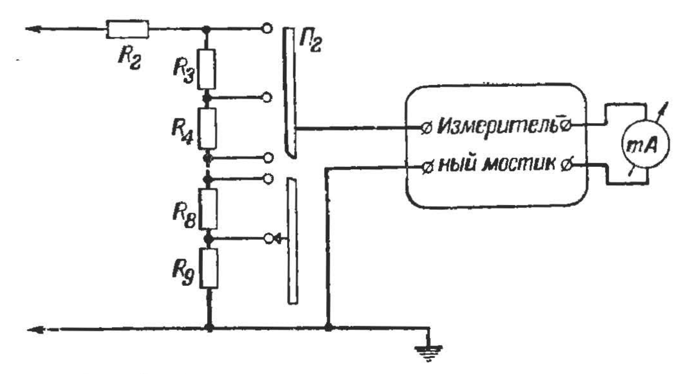
Если же сетка получит отрицательный потенциал, относительно шасси бо́льший по абсолютной величине, чем 4,5 *в*, то лампа $Л_3$ окажется запертой. Таким образом, верхний предел ограничивается действием лампы $Л_2$, а нижний — запиранием лампы $Л_3$. Рабочие пределы отклонения напряжения в обе стороны выбраны в ±3 *в*, при этом ток в диагонали разбалансированного моста отклоняет стрелку прибора на всю шкалу. Такие пределы выбраны из соображений использования линейного участка характеристики лампы $Л_3$. Незначительная нелинейность ламповой характеристики, не превышающая 3%, может быть исправлена при градуировке шкал прибора.

Прибор допускает значительные кратковременные перегрузки, так как изменение тока в диагонали моста автоматически ограничивается пределами постоянного напряжения от +4,3 до —4,5 *в*, которое подается на сетку лампы $Л_3$. При этом максимальная перегрузка (в 1,5 раза) вполне безопасна для магнитоэлектрического прибора.

Вольтметр. Схема вольтметра постоянного тока показана на фиг. 3. Наличие сопротивления R_{17} уменьшает изменение сопротивления утечки сетки лампы $Л_3$ при переключениях $П_2$ и тем самым исключает необходимость корректировать нуль прибора при переходе с одной шкалы на другую. При сопротивлении R_{17} в 15 *мгом* сопротивление утечки изменяется от 25 до 15 *мгом*, что практически не сказывается на смещении нуля прибора. Попутно необходимо указать на наличие ухода стрелки прибора от нуля при малом сопротивлении изоляции переключателей $П_1$, $П_2$ и панелек ламп $Л_2$ и $Л_3$. Поэтому как переключатели, так

и ламповые панельки должны быть высокого качества. лучше фарфоровые.

Кроме того, сопротивление R_{17} служит сопротивлением фильтра при измерении переменного напряжения. Дело в том, что измеряемое переменное напряжение сначала выпрямляется с помощью лампы $Л_1$, и далее отфильтрованная постоянная составляющая этого напряжения прикладывается к сетке лампы $Л_3$. Фильтрация пульсирующего напряжения, которое получается на выходе лампы $Л_1$, осуществляется фильтром, который состоит из R_{17} и C_3.



Фиг. 3. Схема вольтметра постоянного тока.

Необходимо отметить, что величина сопротивления R_{17} в 15 *мгом* не является строго критичной и может быть выбрана в пределах от 10 до 15 *мгом.*

Конденсатор C_3, кроме того, предохраняет сеточную цепь лампы $Л_3$ от возможных переменных составляющих напряжения при измерении постоянных напряжений, когда переключатель $П_1$ стоит в положении измерения напряжения постоянного тока, что может иметь место, например, при измерении анодного напряжения работающего усилителя. Конденсатор C_3 должен иметь хорошую изоляцию, поэтому в это место схемы желательно поставить слюдяной конденсатор. Монтировать его нужно непосредственно к штырькам панели лампы $Л_3$.

Сопротивление R_2 помещается в щупе пробника постоянного тока, как можно ближе к его концу. При измерении постоянного напряжения на сетке генераторной или высокочастотной лампы это сопротивление предохраняет высокочастотные цепи от влияния емкости проводов щупа прибора. Необходимо помнить, что защищенный сопротивлением щуп

должен применяться только при измерении напряжений постоянного тока.

Как уже отмечалось, в схеме может быть использован более чувствительный стрелочный прибор, например на 150 *мка*. В этом случае следует увеличить величину последовательных калибровочных сопротивлений R_{24}, R_{25} и R_{26}[1], которые можно подсчитать по формуле

$$R = \frac{U_{диаг}}{I_n} = \frac{1,5}{I_n}, \qquad (1)$$

где I_n — величина тока в *a*, при котором прибор отклоняется на всю шкалу;

$U_{диаг}$ — напряжение, которое возникает на измерительной диагонали моста при подаче на сетку лампы $Л_3$ напряжения в 3 *в* (лампу $Л_5$ в этом режиме можно рассматривать как катодный повторитель с коэффициентом усиления $K = 0,5$, и в этом случае $U_{диаг} = 1,5$ *в*).

Применять более грубый прибор не рекомендуется, так как в этом случае резко ухудшается линейность шкалы.

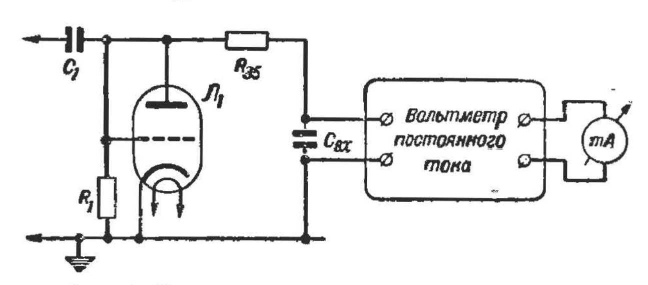
Сопротивления в делителе напряжения (также и в цепи омметра) не должны отличаться от номинальных значений, указанных в схеме, больше чем на 1%. От точности величины этих сопротивлений зависит точность прибора, поэтому сопротивления должны быть стабильными и не менять свою величину с течением времени. Лучше всего использовать сопротивления типа ВС 1 *вт*. Подгонку сопротивлений можно осуществить, набирая необходимое значение из двух сопротивлений: величину первого сопротивления желательно взять меньше номинального значения на 3—5% (но измеренного с точностью до 0,5%), а величину второго сопротивления выбрать так, чтобы суммарное значение обоих сопротивлений имело номинальный допуск, т. е. допуск $\pm 1\%$.

Лампа $Л_1$ вольтметра переменного тока (фиг. 4) располагается в пробнике на конце кабеля, соединяющего его с прибором. Конструкция пробника ясна из фиг. 5. При отсутствии лампы 6С1П ее можно заменить лампами 6К1П, 6С1Ж и 6К1Ж, соединив все сетки с анодом. Можно также

---

[1] Величина сопротивлений R_{24}, R_{25}, и R_{26} на принципиальной схеме (фиг. 1) указана для прибора с пределом измерений 0 — 1 *ма*.

применить лампу типа ЕА-50, 9004, или Д1Д. Монтаж внутри пробника должен выполняться по возможности более короткими проводниками. Панельку для лампы лучше сделать из полистирола или плексигласа; можно также припаять провода непосредственно к штырькам лампы, что значительно повысит точность при измерениях на высоких частотах (больше 10^5 *гц*).



Фиг. 4. Схема вольтметра переменного тока.

При выборе величины C_1 и R_1 необходимо руководствоваться следующим правилом.

Для того чтобы при низшей частоте измеряемого переменного тока погрешность измерения не превосходила 1%, необходимо соблюдать такое условие:

$$fC_1R_1 \geqslant 10,$$

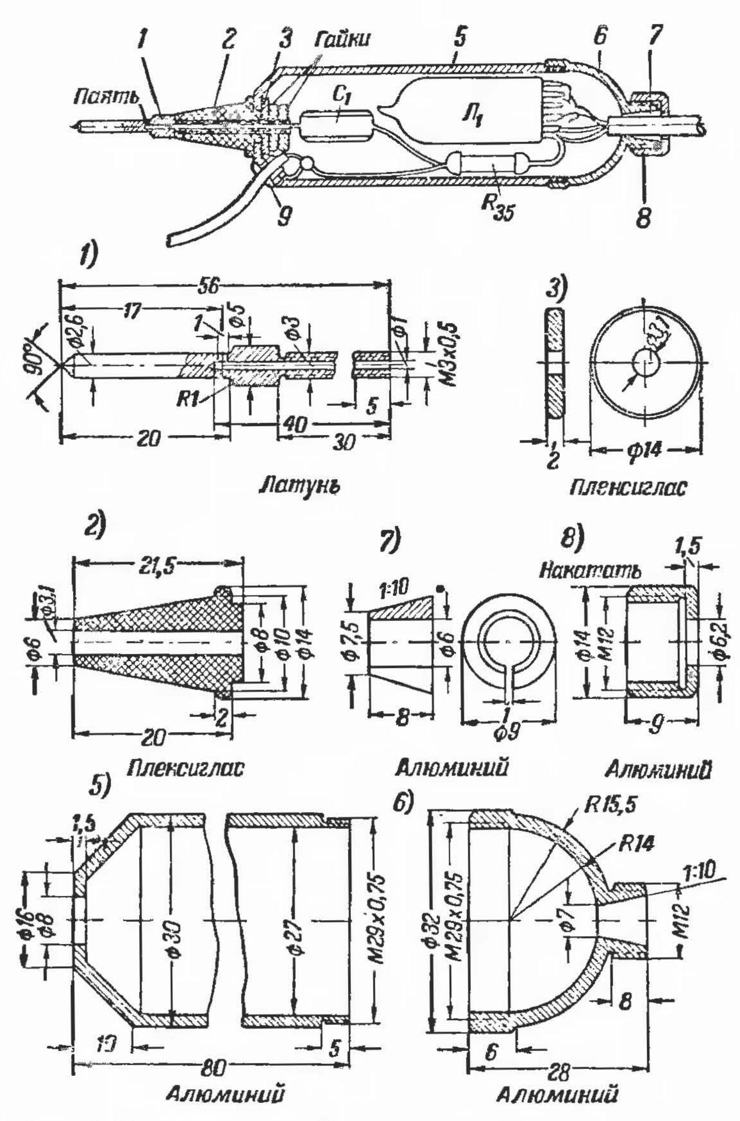
где f — низшая частота в *гц*; C_1 — емкость в *ф* и R_1 — сопротивление в *ом*.

Сопротивление R_{35} выполняет две функции: во-первых, оно вместе с емкостью соединительного кабеля и входной емкостью прибора является первой ячейкой фильтра [1], предотвращающего поступление переменной составляющей выпрямленного напряжения на сетку лампы $Л_3$, во-вторых, оно уменьшает входную емкость пробника, отделяя входную емкость лампы $Л_1$ от емкости кабеля и монтажа прибора.

При указанных на принципиальной схеме значениях сопротивлений и конденсаторов погрешность измерений в пределах от 20 *гц* до 100 *мггц* не превышает 5%.

При измерении переменного напряжения вольтметр будет показывать некоторое напряжение, порядка $0{,}3 \div 0{,}4$ *в*, даже при закороченных щупах. Это вызвано тем, что даже при отсутствии переменного напряжения на аноде лампы

[1] Вторая ячейка — сопротивление R_{17} и конденсатор C_5.



Фиг. 5. Конструкция пробника для измерения переменного напряжения.

— острие пробника (латунь); 2 — проходная втулка (плексиглас); 3 — шайба (плексиглас); 4 — гайка (латунь); 5 — корпус пробника (алюминий); 6 — крышка пробника (алюминий); 7 — стягивающий конус (алюминий); 8 — фигурная гайка (алюминий); 9 — штепсельное гнездо (латунь).

$Л_1$ через диод будет протекать ток, обусловленный начальной тепловой скоростью электронов, эмиттированных катодом.

Падение напряжения на сопротивлении R_1, которое вызвано этим «нулевым» током, будет отклонять стрелку прибора.

Бороться с этим явлением можно тремя способами:

1. Всегда вычитать из показаний вольтметра «нулевое» напряжение, т. е.

$$U = U_n - U_0, \tag{2}$$

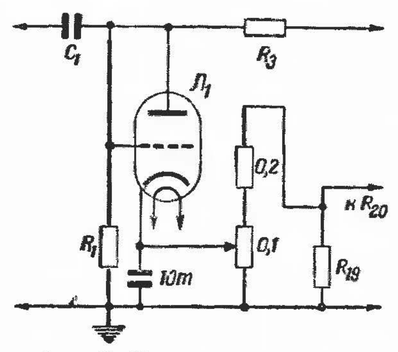
где U — истинное напряжение;

U_n — показание вольтметра.

U_0 — „нулевое" напряжение (величина, постоянная на всех диапазонах измерения),

2. Устанавливать стрелку прибора на нуль при закороченных щупах на каждой шкале (практически это нужно лишь на шкалах 3 и 10 *в*).

3. Наконец, можно ввести в катод лампы $Л_1$ встречное напряжение от отдельного элемента через делитель. Напряжение это должно быть равно и противоположно «нулевому» напряжению. Один из таких вариантов компенсации показан на фиг. 6.



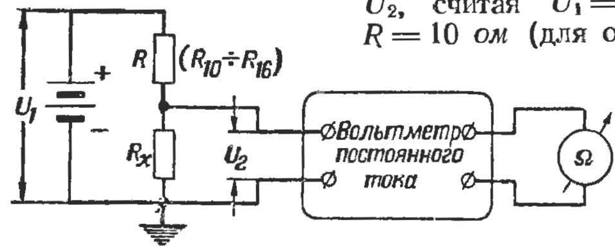
Фиг. 6. Схема компенсации.

Омметр. Когда переключатель стоит в положении изменения сопротивлений — Ω, измерение фактически производится вольтметром постоянного тока (фиг. 7). Вольтметр измеряет при этом ту часть напряжения, получаемого от 3-вольтовой батареи, которая падает на измеряемом сопротивлении R_x, включенном в цепь батареи последовательно с одним из известных сопротивлений $R_{10} \ldots R_{16}$ цепи омметра. Величина измеряемого сопротивления читается по шкале прибора непосредственно в омах.

Как видно из фиг. 7,

$$\frac{U_2}{U_1} = a = \frac{R_x}{R + R_x}, \tag{3}$$

Для градуировки задаются определенными значениями α (1, 2, 3, ...9, 10, 15, 20, 30, ...90, 100, 200 и т. д. до 1 000) и подсчитывают U_2, считая $U_1 = 3$ *в* и $R = 10$ *ом* (для основной



Фиг. 7. Схема омметра.

шкалы). Выше отметки «1 000» деления на шкалу наносить не следует.

Таблица 1

Значение α для шкалы сопротивлений

R, ом	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
α	0	0,048	0,091	0,130	0,167	0,200	0,231	0,259	0,286	0,316	0,333

R, ом	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0
α	0,354	0,375	0,394	0,412	0,428	0,444	0,459	0,473	0,487	0,500

R, ом	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0
α	0,523	0,546	0,565	0,583	0,600	0,615	0,629	0,643	0,655	0,667

R, ом	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	50	55	60	65	70
α	0,714	0,750	0,777	0,800	0,818	0,833	0,846	0,857	0,868	0,875

R, ом	80	90	100	150	200	300	400	500	1 000	∞
α	0,889	0,900	0,909	0,938	0,953	0,968	0,976	0,980	0,990	1,000

Другим способом разметки шкалы омов может быть обычная градуировка при помощи декадного магазина или по сопротивлениям, величина которых известна с точностью до 1%. Такую разбивку шкалы можно производить лишь только после окончания монтажа всего прибора.

Так как сопротивления R_{10} ... R_{16} отличаются одно от другого в 10 раз, то, следовательно, и шкалы, следующие за основной, отличаются от нее соответственно в 10, 100 и т. д. раз. Это же справедливо и для измерителя емкостей.

В качестве 3-вольтовой батареи лучше всего использовать два полуторавольтовых элемента типа «Сатурн», имеющих малое внутреннее сопротивление, что повышает точность при измерении малых сопротивлений, так как внутреннее сопротивление батареи включено последовательно с R.

При эксплоатации омметра необходимо следить за качеством батарейки и периодически проверять омметр, измеряя одно и то же сопротивление в $3 \div 5$ *ом*. Если омметр покажет вместо номинальной величины сопротивления бо̀льшую, то это будет указывать на разрядку батарейки и на необходимость ее замены.

Так как входное сопротивление вольтметра оказывается включенным параллельно измеряемому сопротивлению, то для того, чтобы уменьшить погрешность при измерении больших сопротивлений (больше 200 *мгом*), необходимо, чтобы это входное сопротивление было в несколько раз больше самого большого из измеряемых сопротивлений. Входное сопротивление складывается из сопротивления утечки конденсатора C_5, сопротивления ламповой панельки и цоколя лампы $Л_3$, а также из сопротивления изоляции переключателя $П_1$. Поэтому надо применять панельку лампы $Л_3$ и переключатель $П_1$ хорошего качества, а конденсатор C_5 выбирать с малой утечкой.

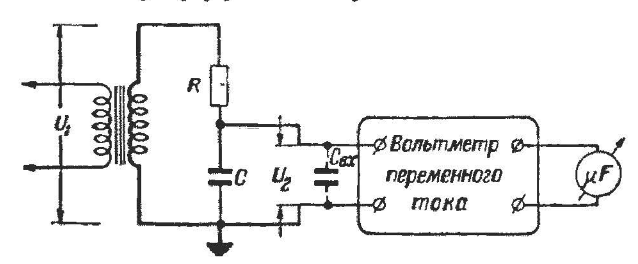
Измеритель емкости. В качестве измерителя емкости используется вольтметр переменного тока, который показывает падение переменного напряжения на измеряемой емкости. Цепочка из известного сопротивления R и неизвестного Z_c питается от 3,5-вольтовой обмотки силового трансформатора $Тр_1$.

В качестве выпрямителя переменного напряжения используется левый диод лампы $Л_2$. Выпрямленное и отфильтрованное напряжение подается на сетку лампы $Л_3$.

Напряжение измеряется на неизвестном сопротивлении Z_c. В этом случае (фиг. 8)

$$\frac{U_2}{U_1}=a=\frac{Z_c}{\sqrt{Z_c^2+R^2}}. \qquad (4)$$

Шкалу указателя можно проградуировать непосредственно в *мкмкф* (*пф*) или *мкф*.



Фиг. 8. Схема измерителя емкостей.

При градуировке шкалы можно пользоваться выражением

$$a=\frac{1}{\sqrt{1+(318RC)^2}}, \qquad (5)$$

где a — отметка на шкале в долях от всей шкалы, принятой за 1;

R — последовательное сопротивление в *ом*;

C — значение измеряемой емкости в *ф*.

Значения a для различных C и R[1] даны в табл. 1 и 2.

Таблица 2

Значение a для шкалы емкостей

C, *мкмкф*	0	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0
a	1,000	0,988	0,954	0,903	0,844	0,723	0,619	0,534

C, *мкмкф*	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	15,0	20,0	30,0
a	0,463	0,408	0,366	0,336	0,300	0,205	0,155	0,104

C, *мкмкф*	40,0	50,0	70,0	100,0	200,0	300,0	
a	0,078	0,062	0,045	0,031	0,016	0,010	0

[1] Шкала измерителя сопротивлений.

На шкале «C» рекомендуется оцифровать следующие значения емкостей: 0, 1, 2 ... 9, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 70, 100, 300.

Градуировка эта будет справедлива только на 6 шкалах. Седьмая шкала, позволяющая измерять самые маленькие значения емкостей, будет иметь систематическую погрешность, равную собственной емкости прибора $C_{вх}$, подключенной, как показано на фиг. 8, параллельно измеряемой емкости. Поэтому при измерении малых емкостей из показаний прибора необходимо вычитать величину, равную собственной емкости прибора. Величину собственной емкости прибора можно определить следующим образом. Скорректировав нуль прибора в конце шкалы на предпоследнем положении переключателя $П_2$ (как это сделать, будет описано ниже), переключить $П_2$ на последнее, седьмое положение. Стрелка-указатель отклонится от 0 *мкмкф* на какое-то значение. Это значение и будет равно собственной емкости прибора.

При сборке прибора это обстоятельство надо учитывать, добиваясь по возможности наименьшей емкости монтажа. Обычно удается выполнить монтаж с емкостью около 50—70 *мкмкф*.

При измерении емкости конденсатора необходимо учитывать также и активное сопротивление его утечки, для чего сначала необходимо измерить это сопротивление на постоянном токе. Если оно окажется сравнимым с реактивным сопротивлением емкости, измеренном на переменном токе, то необходимо ввести в результат измерения соответствующую поправку. В этом случае

$$C=\frac{R-Z_c}{318\,RZ_c}=\frac{1}{318\,Z}\cdot\left(1-\frac{Z_c}{R}\right), \qquad (6)$$

где Z_c и R — сопротивления конденсатора, измеренные соответственно на переменном и постоянном токах и отсчитанные и в том и в другом случае по шкале „омов".

Если R больше Z_c в сто или больше раз, то ошибка в сторону увеличения емкости будет меньше 1%.

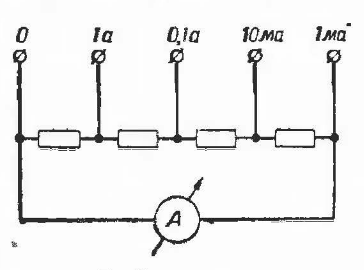
Зная R и Z_c, можно также определить и тангенс угла потерь конденсатора на частоте 50 *гц* по формуле:

$$\operatorname{tg}\delta=\frac{1}{Q}=\frac{R}{Z_c}, \qquad (7)$$

где Q — коэффициент добротности конденсатора.

(На любой частоте ω $\operatorname{tg}\delta=\omega CR$).

Амперметр. Для измерения постоянного тока миллиамперметр отключается от ламповой схемы и используется как обычный многопредельный амперметр с универсальным шунтом. Схема амперметра показана на фиг. 9. Сопротивления шунтов $R_{27} \ldots R_{30}$ зависят от внутреннего сопротивления миллиамперметра и его чувствительности. Их величины рассчитывают по обычным формулам или подбирают опытным путем. При выборе материала для шунта также необходимо учитывать его сечение. Сечение шунта выбирается с учетом допустимого значения тока для данного материала. Лучше всего шунты делать из манганина.



Фиг. 9. Схема амперметра.

Так как в радиолюбительской практике крайне редко приходится измерять переменный ток промышленной и звуковых частот, то нет смысла усложнять схему и делать амперметр переменного тока. Изменение же радиочастотных токов можно производить лишь термоэлектрическим или тепловым приборами. Такие приборы удобнее иметь отдельно.

Выпрямитель. В приборе может быть использовано любое выпрямительное устройство, обеспечивающее ток до 20 *ма* при напряжении 300 *в*.

В приведенной схеме в качестве выпрямительной лампы используется двуханодный кенотрон с подогревным катодом типа 6Х5.

Величины стабилизирующих сопротивлений R_{21}, R_{22} и R_{23} подобраны таким образом, что напряжения на анодах ламп $Л_3$ и $Л_4$ равны +30 *в* по отношению к шасси. Катоды ламп $Л_3$ и $Л_4$ подключаются через цепь сопротивлений к точке, имеющей потенциал — 270 *в* относительно шасси. Изменяя сопротивления R_{22} и R_{34}, можно подобрать такой режим, при котором между катодами ламп $Л_3$, $Л_4$ и шасси прибора напряжение будет равным +4,5 *в*.

Для того чтобы на катоде лампы $Л_2$ было напряжение +4,3 *в*, необходимо соответствующим образом подобрать сопротивления R_{19} и R_{20}. Вместо них можно поставить переменное сопротивление в 50 000 ÷ 100 000 *ом* с ручкой, выведенной под шлиц.

Так как потребление анодного тока прибором невелико и лампы $Л_3$ и $Л_4$, включенные в плечи измерительного мо-

ста, автоматически компенсируют изменение анодного напряжения, то использование простого фильтра, состоящего из сопротивления R_{23} и емкостей C_4 и C_5, вполне обеспечивает нужную фильтрацию.

КОНСТРУКЦИЯ И МОНТАЖ

Передняя панель универсального измерительного прибора изображена на фиг. 10, а расположение деталей на его шасси показано на фиг. 11. На переднюю панель выведены ручки от переключателей $П_1$ и $П_2$, выключатель питания $П_3$, ручки сопротивлений R_{26} и R_{32}, стрелочный прибор, гнезда для щупов и панелька для подключения высокочастотного пробника, а также индикаторная лампочка, сигнализирующая о включении прибора в сеть.

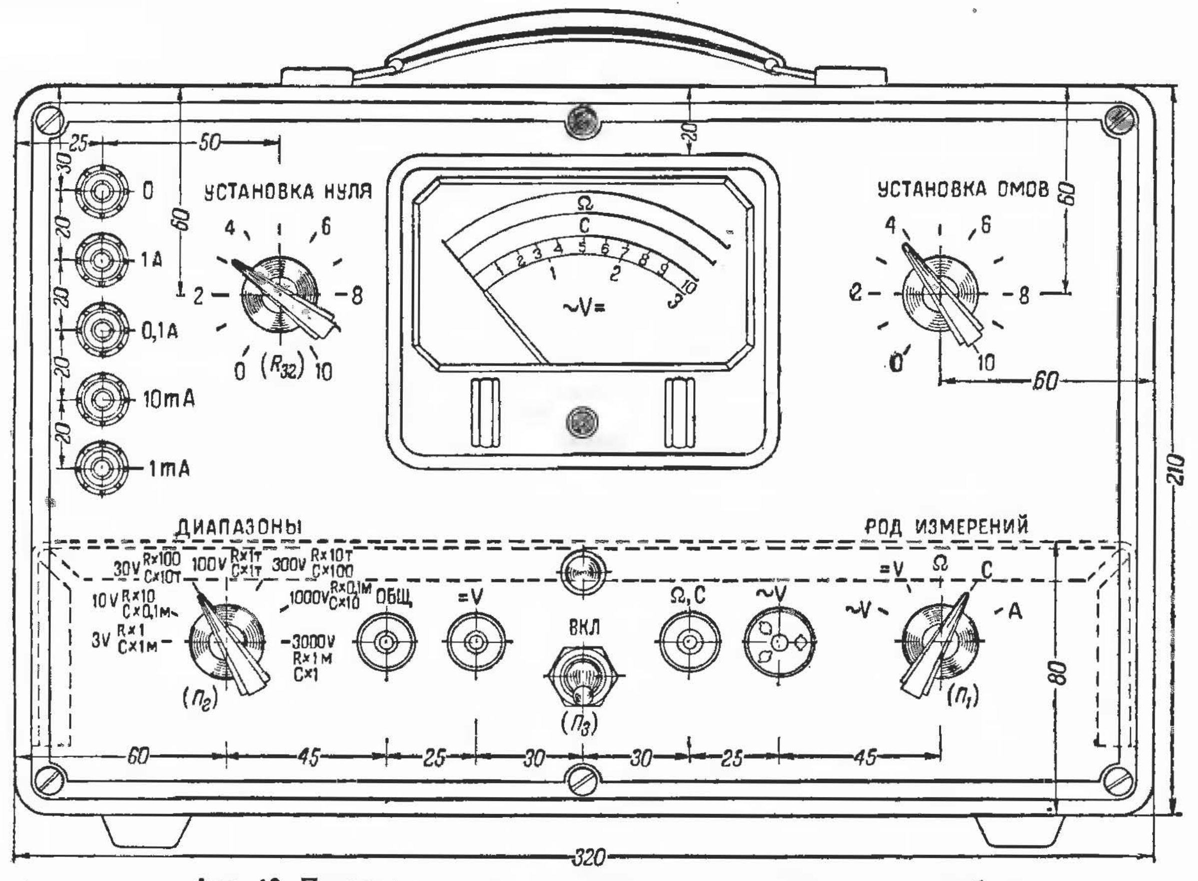
Сопротивления R_{24} и R_{25} укреплены на шасси с задней стороны. В кожухе против них имеются отверстия, через которые отверткой производится подгонка их значений.

Монтаж лучше всего вести жестким медным луженым проводом. В местах пересечения монтажных проводов на них должны быть надеты кембриковые трубочки. Лучше всего применить в приборе керамические панели и переключатели.

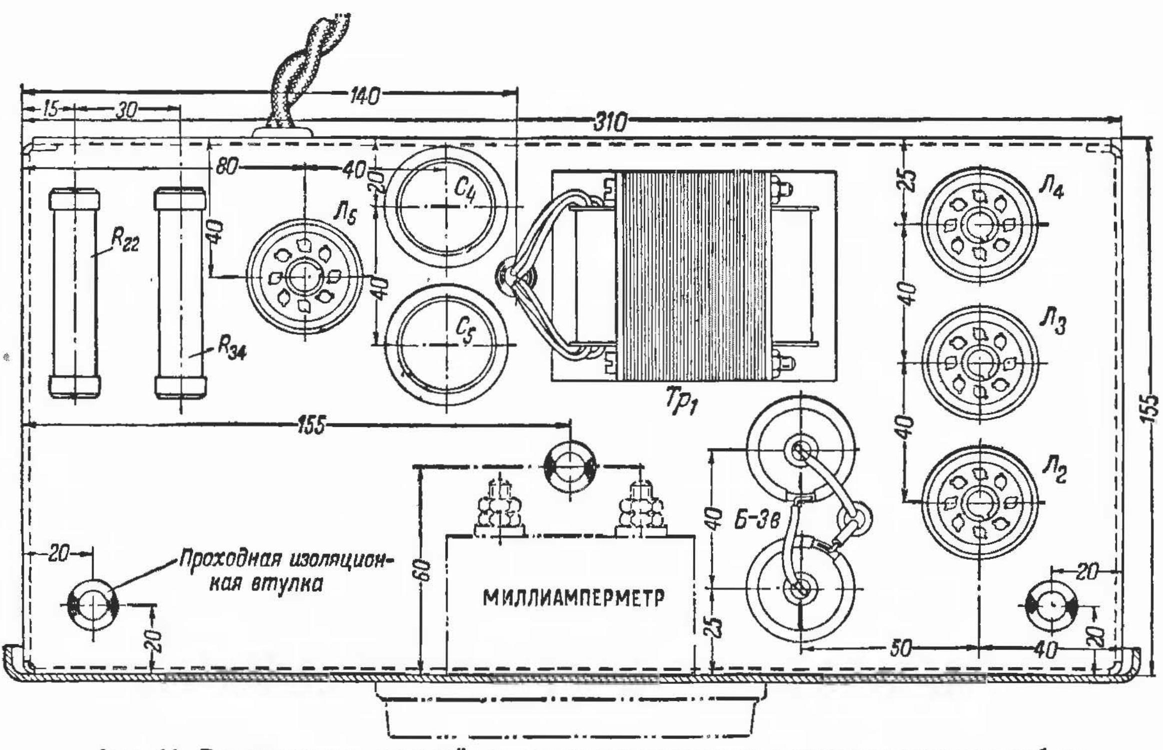
НАЛАЖИВАНИЕ И ГРАДУИРОВКА

Если все сопротивления, входящие в схему, тщательно проверены и величины их не отличаются от номинальных больше чем на 1%, то все налаживание сводится к регулировке напряжений на анодах и катодах ламп $Л_3$, $Л_4$ и $Л_2$.

Градуировка прибора производится в следующем порядке. Перед тем как включить прибор в сеть, его ставят в вертикальное положение и стрелку указателя устанавливают на нуль поворотом корректирующего винта. После этого прибор включают в сеть и ставят переключатель $П_1$ в положение измерения постоянного напряжения «=V». Перед градуировкой необходимо прогреть прибор в течение 15÷20 мин. После этого стрелку прибора устанавливают на нуль при помощи сопротивления R_{32}. Прибор рекомендуется градуировать на 30 или 100-вольтовой шкале. $П_2$ переключают на 30-вольтовую шкалу, и щупы, предназначенные для измерения постоянного напряжения, подключают к источнику тока, имеющему напряжение 30—40 *в* (фиг. 12). При помощи потенциометра R устанавливают по вольтметру V, принятому за эталон, напряжение

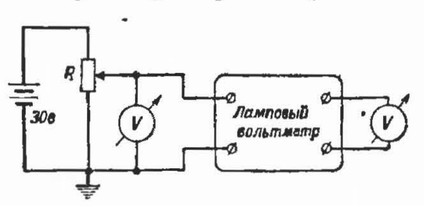


Фиг. 10. Передняя панель универсального измерительного прибора.



Фиг. 11. Расположение деталей на шасси универсального измерительного прибора.

в 30 *в*. После этого устанавливают сопротивление R_{25} так, чтобы стрелка совпадала с последним делением шкалы (отметкой 30 *в*). Снимают щупы с источника напряжения и, если необходимо, корректируют нуль прибора сопротивлением R_{32}. Эти две установки сопротивлений R_{25} и R_{32} производят до тех пор, пока стрелка не будет устанавливаться точно на крайних делениях шкалы.



Фиг. 12. Схема градуировки вольтметра.

Когда это сделано, переключатель $П_1$ переводят в положение измерения «~V» и, если необходимо, сопротивлением R_{32} стрелка устанавливается на нуль. Щупы пробника подключают к источнику переменного тока. Производят те же операции, что и при градуировке на постоянном токе, только теперь для установки стрелки на последнем делении используется сопротивление R_{24}.

Когда сопротивления R_{24} и R_{25} подобраны, прибор можно считать окончательно отградуированным. Регулировку не придется повторять до тех пор, пока не появится необходимость в смене ламп или других важных деталей.

РАБОТА С ПРИБОРОМ

1. Подготовка прибора. Включить прибор в сеть и прогреть его в течение 15—20 мин. Установить нуль сопротивлением R_{32}.

2. Измерение напряжений. Переключатель $П_1$ установить в положение «=V» или «~V» в зависимости от того, какое напряжение необходимо измерять. Подключить щупы к источнику напряжения и переключателем $П_2$ выбрать необходимый диапазон. По стрелке указателя прочитать отсчет.

При измерении напряжений до 10 000 *в* в гнездо «=V» вставляется высоковольтный щуп (с $R_2 = 90{,}0$), переключатель $П_2$ ставится в положение 1 000 *в*, и щупы подключаются к источнику напряжения.

3. Измерение емкостей и сопротивлений. Переключатель $П_1$ установить в соответствующее положение: «Ω» или «С». Закоротить щупы, предназначенные для измерения сопротивлений, и установить нуль прибора. Разомкнуть щупы и сопротивлением R_{26} стрелку указателя установить на

крайнем делении шкалы. Щупами подсоединиться к измеряемому сопротивлению, после чего переключателем $П_2$ выбрать соответствующий диапазон.

Емкости следует сначала измерять на постоянном токе (переключатель $П_1$ в положении «Ω») затем переключатель $П_1$ установить в положение «С». Если при этом переключатель $П_2$ придется перевести в следующую позицию (в сторону увеличения измеряемых емкостей), то поправку на утечку конденсатора вносить нет необходимости. В противном случае необходимо произвести пересчет для определения емкости по формуле (6).

При измерении малых емкостей надо учитывать также собственную емкость прибора.

4. Измерение токов. Постоянные токи можно измерять, не включая прибор в сеть. Переключатель $П_1$ переводится в положение «А». Провода от цепи, в которой необходимо произвести измерение, подключаются под зажимы, сначала 0—1 *а*. Если ток меньше, то последовательно переходят на следующие шкалы: 0—0,1 *а*; 0—10 *ма* и 0—1 *ма* до тех пор, пока стрелка указателя не остановится на соответствующем делении шкалы.

ГЕНЕРАТОР ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

Для определения основных характеристик тех или иных радиоприемных устройств, которые в подавляющем большинстве встречаются в практике радиолюбителей, необходимы радиочастотные сигналы, калиброванные по трем самым важным параметрам. Этими параметрами являются: 1 — частота; 2 — напряжение несущей частоты и 3 — глубина модуляции.

Источниками таких радиосигналов являются измерительные генераторы сигналов, т. е. измерительные генераторы высокой частоты.

Описываемый генератор высокой частоты позволяет определить ряд основных характеристик радиоприемных устройств, а также может быть использован при налаживании высокочастотных цепей подобных радиоустройств.

Генератор высокой частоты состоит из высокочастотного генератора, генератора модулирующей частоты, устройства для регулировки и измерения выходного напряжения, устройства для регулировки и измерения глубины модуляции,

стабилизированного источника анодного напряжения и блока питания.

Диапазон частот генератора от 100 *кгц* до 50 *мггц*. Этот диапазон разбит на 6 поддиапазонов, границы которых указаны в табл. 3. В этой же таблице приведены данные контурных катушек.

Таблица 3

Данные катушек индуктивности генератора высокой частоты

Диапазоны	Границы частот, *мггц*	Диаметр каркаса, *мм*	Марка и диаметр провода, *мм*	Тип намотки	Ширина или шаг намотки, *мм*	Число витков	Отвод от ... витка
А	0,10—0,31	21	ПШД0,15	Универс.	6	540	204
Б	0,28—0,85	21	ЛЭШД 10 × 0,07	"	5	205	65
В	0,80—2,45	21	ЛЭШД 14 × 0,10	"	5	76	29
Г	2,30—6,95	21	ПЭ 0,5	Однослойн.	Виток к витку	32	13
Д	6,30—19,00	21	ПЭ 1,2	"	шаг—2	$9^1/_2$	4
Е	17,50—52,00	Без каркаса ∅ = 18	Посеребренный 2	"	шаг—5	$3^1/_2$	$1^1/_2$

На последнем, 6-м поддиапазоне обратная связь генератора в. ч. выбирается такой, чтобы была достаточно сильно выражена третья гармоника генерируемой частоты. Эта третья гармоника может быть использована для производства качественных измерений вплоть до 150 *мггц*.

Генератор можно модулировать как от внутреннего генератора звуковой частоты, настроенного на 400 *гц*, так и от внешнего звукового или высокочастотного генератора или от генератора качающейся частоты.

Выходное напряжение можно изменять в пределах от 10 *мкв* до 1 *в* при помощи ступенчатого и плавного делителей напряжения. Кроме того, на конце кабеля, подводящего высокую частоту к исследуемому устройству, имеется еще один делитель, позволяющий использовать реостатный или емкостный выход. Измерение выходного напряжения и глубины модуляции осуществляется пиковым диодным вольтметром с усилителем постоянного тока.

СХЕМА

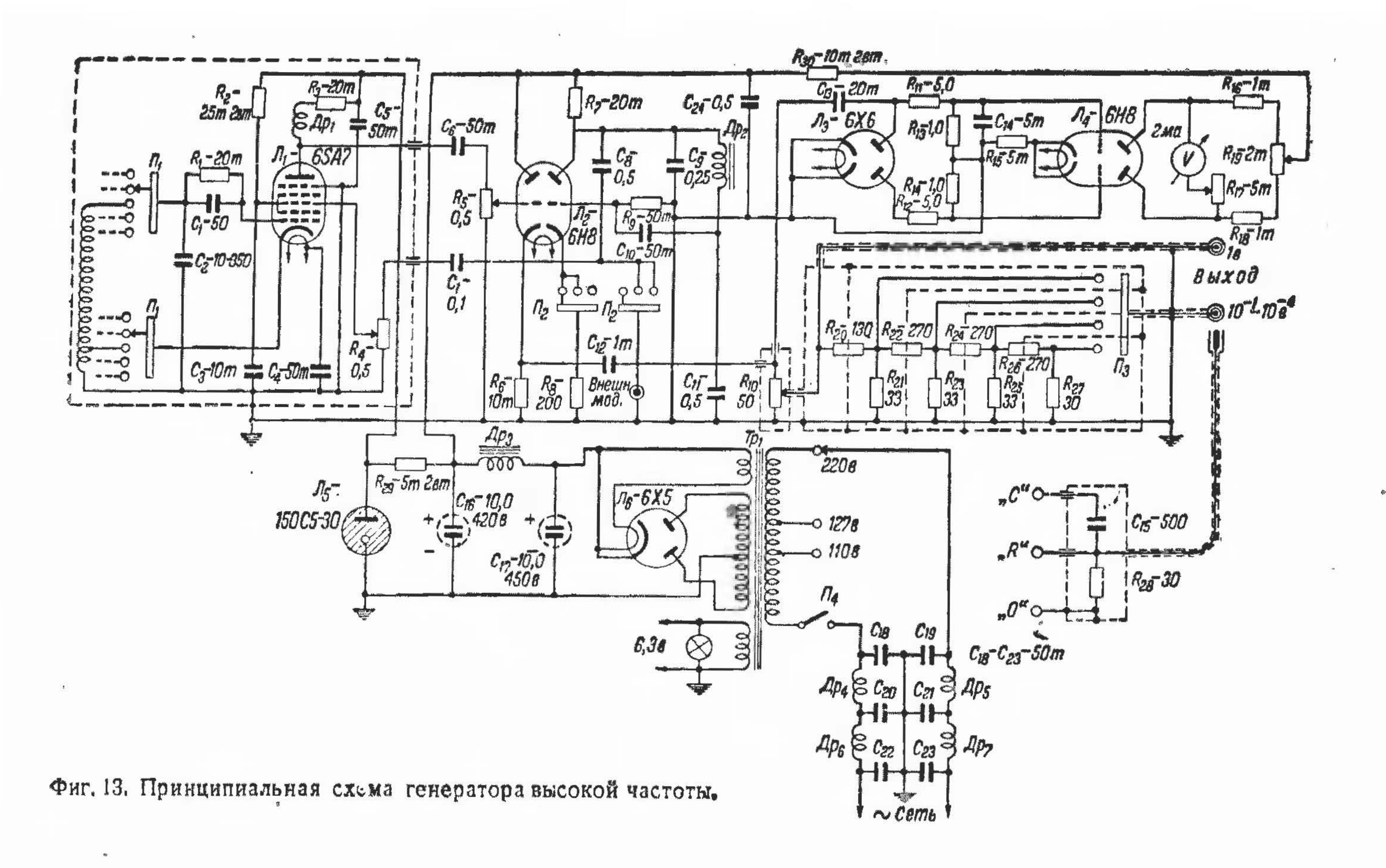
Генератор высокой частоты (фиг. 13) выполнен на лампе типа 6SA7 (или 6А10) и представляет собой трехточечную схему с катодной связью и параллельным питанием. Анодной нагрузкой лампы генератора высокой частоты является дроссель $Др_1$ и последовательно включенное с ним сопротивление R_3. Дроссель $Др_1$ служит для выравнивания частотной характеристики генератора, так как амплитуда напряжения генерируемых колебаний на сетке лампы $Л_1$ падает с ростом частоты. Индуктивность дросселя $Др_1$ равна 100÷125 *мкгн*. В цепи сетки лампы $Л_1$ стоят сопротивление R_1 и конденсатор C_1, значения которых выбраны для получения непрерывных колебаний вплоть до самых высоких частот. Если генератор будет возбуждаться с прерывистыми колебаниями (лампа будет периодически запираться отрицательным напряжением, возникающим на конденсаторе C_1), то величину сопротивления R_1 необходимо несколько уменьшить.

Для стабилизации амплитуды и частоты колебаний анод лампы $Л_1$ питается напряжением в 150 *в*, получаемым с газоразрядной лампы $Л_4$ типа 150С-5-30.

Напряжение высокой частоты с анода лампы $Л_1$ через разделительный конденсатор C_6 подается на потенциометр R_5 и далее на сетку левого триода лампы $Л_2$ типа 6Н8. Этот триод работает в режиме катодного повторителя, нагрузкой которого является сопротивление R_6. Такая связь генераторной лампы с выходным делителем необходима для того, чтобы согласовать низкоомный делитель с генератором, имеющим большое выходное сопротивление. Высокочастотный сигнал снимается с сопротивления R_6 и через разделительный конденсатор C_{12} подается на потенциометр плавной регулировки выходного напряжения R_{10} и далее на ступенчатый декадный делитель, состоящий из сопротивлений $R_{20} \ldots R_{27}$.

Потенциометр R_6 и сопротивления делителя должны быть обязательно непроволочными, с минимальной индуктивностью, иначе точность деления на высоких частотах будет недостаточной.

Величина сопротивлений делителя выбрана с таким расчетом, чтобы точность деления напряжения при переходе с декады на декаду была не менее $\pm 3\%$ на низкочастотном диапазоне. На частотах, превышающих 10 *мггц*, начи-



Фиг. 13. Принципиальная схема генератора высокой частоты.

нают сказываться распределенные емкость и индуктивность сопротивлений, переключателя и монтажных проводов, поэтому точность деления падает, доходя при 50 *мгц* до +20%.

Выходную колодку лучше всего соединить с генератором при помощи высокочастотного коаксиального кабеля с волновым сопротивлением порядка 75 *ом*.

Звуковой генератор собран по трехточечной схеме с емкостной связью на правом триоде лампы $Л_2$. Частота этого генератора фиксированная и равна 400 *гц*. Напряжение звуковой частоты снимается с анода лампы $Л_2$ и через конденсаторы C_8 и C_7 подается на R_4 — потенциометр глубины модуляции. Со средней точки этого потенциометра напряжение звуковой частоты подается на третью сетку лампы $Л_1$ и тем самым осуществляется амплитудная модуляция несущей частоты высокочастотного генератора. Необходимая глубина модуляции устанавливается потенциометром R_4.

При необходимости работать с немодулированными колебаниями, переключатель $П_2$ ставится в положение «внешн.». При этом разрывается цепь катода левого триода лампы $Л_2$ и генерация низкой частоты срывается.

Внешняя модуляция подводится к двухполюсному телефонному гнезду и через $П_2$ и C_7 подается на R_4[1].

Схема генератора позволяет осуществить комбинированную модуляцию двумя частотами: фиксированной частотой внутреннего звукового генератора, равной 400 *гц*, и от внешнего сигнал-генератора, частота которого равна, например, 185 *кгц*. Указанная комбинация частот упрощает процесс налаживания блока разверток и синхронизации телевизора. Суммарный сигнал подается на вход усилителя высокой или промежуточной частоты телевизора и, если синхронизация и развертки работают правильно, на экране трубки должны быть видны 7 горизонтальных и 11 вертикальных рядов белых квадратов, разделенных черными полосами, ширина которых равна ширине белых полос. Напряжение модулирующей частоты $f = 185$ *кгц* должно быть меньше, чем напряжение 400 *гц*. Переключатель модуляции должен при этом находиться в среднем положении.

При модуляции высокой частотой, например от генератора качающейся частоты, необходимо учитывать, что на выходных гнездах, кроме основной несущей частоты, будут еще две боковых, равные сумме и разности частот несущей и модулирующей, причем частотно-модулированными будут именно эти боковые частоты. При измере-

---

[1] В среднем положении переключателя $П_2$ к зажимам „внешняя модуляция" подводится напряжение звуковой частоты от генератора. Это напряжение можно использовать при налаживании низкочастотных цепей радиоаппаратуры.

ниях лучше использовать нижнюю боковую частоту. Частотно-модулированными будут также и биения модулирующей частоты с третьей гармоникой наиболее высокочастотного диапазона генератора. Этим можно воспользоваться при налаживании ЧМ приемника звукового сопротивления телевизора.

Попутно следует отметить следующее обстоятельство: биения с третьей гармоникой будут давать не только несущая частота модулирующего напряжения, но вторая и третья гармоники, если они достаточно сильно выражены. Поэтому, чтобы не впасть в ошибку, необходимо предварительно убедиться в том, что содержание второй и третьей гармоник модулирующего напряжения мало. В противном случае всегда нужно иметь в виду все вышесказанное. Сравнительно небольшой опыт работы может научить быстро выбирать необходимую комбинацию частот по интенсивности сигнала, воспринимаемого налаживаемым устройством.

Лампа $Л_3$ типа 6Х6 работает в качестве выпрямительной лампы вольтметра. Высокочастотное напряжение снимается с потенциометра R_{10} и через конденсатор C_{13} подается на анод лампы.

Выпрямленное напряжение подается на сетку лампы $Л_4$ типа 6Н8. Второй диод лампы $Л_3$ и второй триод лампы $Л_4$ являются компенсирующей цепью, делающей показания вольтметра не зависящими от изменения напряжения сети. Между анодами триодов включен миллиамперметр с последовательным градуировочным сопротивлением R_{17}[1]. Это сопротивление служит для первоначальной установки чувствительности вольтметра. Чувствительность вольтметра устанавливается так, чтобы стрелка миллиамперметра отклонялась на всю шкалу при высокочастотном напряжении в 2 (*эф*) *в* на сопротивлении R_{10}. Сопротивление R_{17} помещается на задней стенке шасси и выведено под шлиц.

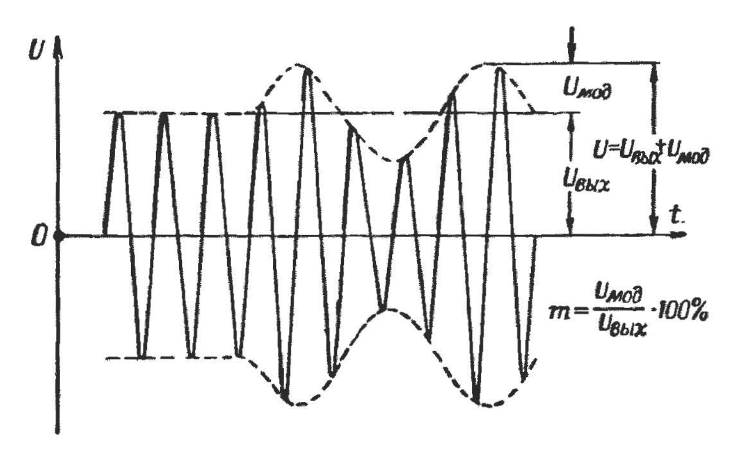
Установка нуля вольтметра осуществляется при помощи сопротивления R_{19}, выведенного также под шлиц, но расположенного на передней стенке прибора.

Так как вольтметр выполнен по схеме пикового вольтметра, т. е. он измеряет максимальное амплитудное значение переменного тока, то измерение амплитуды несущей частоты и глубины модуляции осуществляется следующим образом. Амплитуда несущей измеряется при отсутствии модуляции сигнала. Сопротивлением R_5 устанавливается по вольтметру напряжение в 1 *в*. При модуляции сигнала низкой частотой показания вольтметра будут больше 1 *в* на величину, равную напряжению модулирующего сигнала, при-

[1] В качестве указателя вольтметра может быть применен любого типа малогабаритный миллиамперметр на 1—2 *ма*.

чем каждая одна десятая вольта сверх одного вольта напряжения несущей равна 10% модуляции, как это видно из фиг. 14.

Выпрямитель двухполупериодный на лампе $Л_5$ типа 6Х5. Фильтр двухъячеечный. Первая ячейка — конденсатор C_{17}, дроссель $Др_2$ и конденсатор C_{15}, вторая — сопротивление R_{29} и газовый стабилизатор — лампа $Л_6$ типа 150С-5-30. Аноды



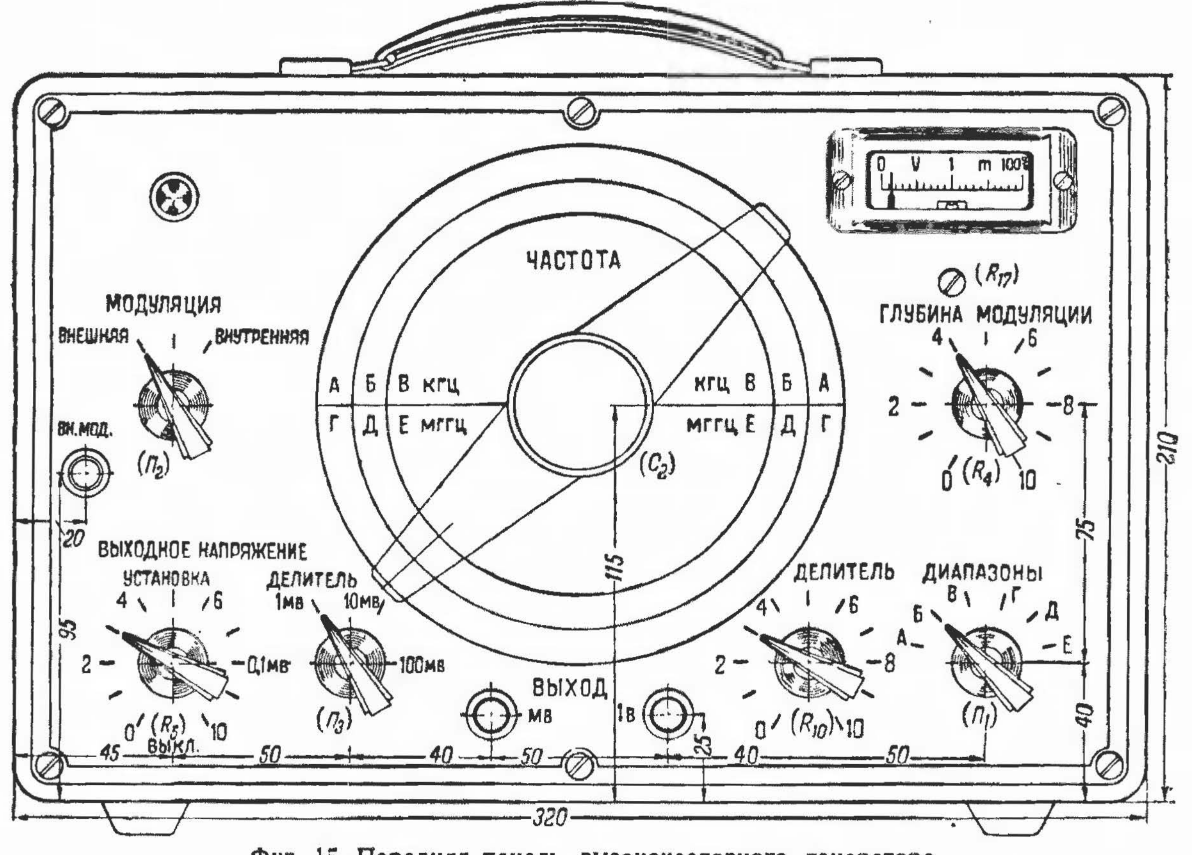
Фиг. 14. Измерение выходного напряжения и глубины модуляции.

ламп $Л_2$ и $Л_4$ питаются напряжением в 250 *в*, которое снимается с первой ячейки фильтра. Анод генераторной лампы $Л_1$ питается стабилизировачным напряжением в 150 *в*, снимаемым со второй ячейки фильтра. Для уменьшения пролезания нежелательных сигналов через цепь питания, которые нарушают нормальную работу высокочастотного генератора, питание прибора от сети переменного тока осуществляется через высокочастотный фильтр, состоящий из дросселей $Др_3...Др_6$ и конденсаторов $C_{18}...C_{23}$.

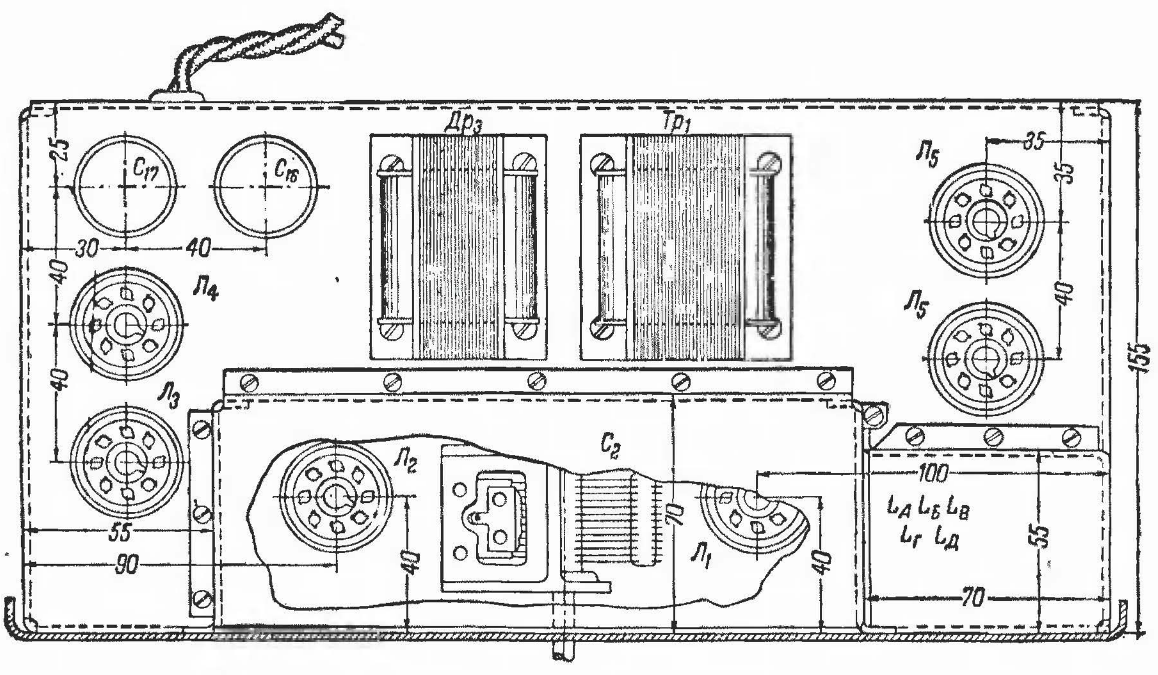
МОНТАЖ, НАЛАЖИВАНИЕ И ГРАДУИРОВКА ГЕНЕРАТОРА

Генератор монтируется на горизонтальном шасси, к которому прикреплена передняя панель прибора (фиг. 15). Расположение деталей на шасси показано на фиг. 16.

Сверху шасси размещаются следующие детали схемы: силовой трансформатор, дроссель, конденсаторы фильтра, лампы и блок генератора высокой частоты. На переднюю



Фиг. 15. Передняя панель высокочастотного генератора.

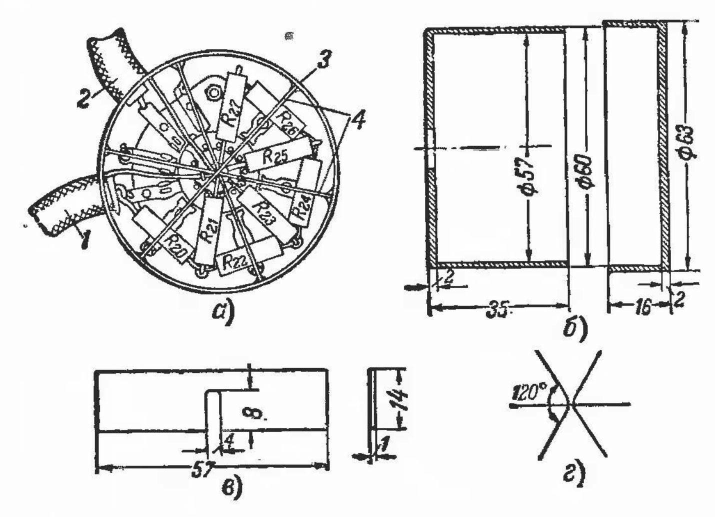


Фиг. 16. Расположение деталей на шасси высокочастотного генератора.

панель выведены ручки переключателей $П_1$, $П_2$, $П_3$ и сопротивлений R_4, R_5, R_{10} и R_{19}.

Всю середину передней панели занимает шкала генерируемых частот. Большой диаметр шкалы делает ее удобочитаемой и позволяет точнее устанавливать частоту. В левом верхнем углу передней панели помещен индикатор (вольтметр).

Лампы $Л_1$ и $Л_2$, конденсатор C_1, катушки индуктивности, выходной делитель и все относящиеся к ним детали схемы



Фиг. 17. Конструкция выходного делителя напряжения.
а — общий вид переключателя $П_3$ (*1* — входной кабель, *2* — выходной кабель, *3* — экран, *4* — перегородки); *б* — основание и крышка экрана; *в* — пластина для перегородок (3 шт., материал — латунь); *г* — сборка перегородок.

заключены в дополнительный экран, представляющий собой коробку из 1,5 *мм* алюминия; кроме того, потенциометр R_{10} и переключатель $П_3$ с сопротивлениями каждый имеют индивидуальный экран. Размеры экрана для R_{10} определяются величиной сопротивления. Конструкция экрана для переключателя показана на фиг. 17.

Переключатель $П_3$ переделывается из обычного трехдиапазонного переключателя, используемого в радиоприемниках. Переделка заключается в следующем. Фиксатор переставляют таким образом, чтобы ротор переключателя мог перемещаться на семь положений. Все выступы контактных полуколец, кроме одного, обрезают, а кольца замыкают

между собой. Сопротивления R_{20}, R_{22}, R_{24} и R_{26} припаивают между 2—4, 4—6, 6—8 и 8—10 лепестками переключателя (считая от выводного лепестка)[1]. Переключатель помещается в кожух, размеры которого даны на фиг. 17. На сопротивления надевают звездчатую экранную перегородку, которую припаивают к 3, 5, 7 и 9-му лепесткам переключателя и к кожуху. Сопротивления R_{21}, R_{23}, R_{25} и R_{27} припаивают одним концом к лепесткам 2, 4, 6 и 8, а другим к середине перегородки. Проводники, подводящие напряжение к переключателям, припаивают к 1-му лепестку и к середине перегородки. Выходной кабель припаивают к 10-му лепестку и к середине перегородки. Проводники, подводящие высокочастотные напряжения к переключателю, а также выходной провод генератора, весьма желательно изготовить из коаксиального кабеля. После этого переключатель закрывается крышкой, размеры которой даны на той же фиг. 17, и устанавливают на место. Крышка припаивается к корпусу.

При сборке переключателя необходимо следить за тем, чтобы пайка перегородки к экрану была осуществлена на всей длине шва и чтобы крышка переключателя плотно прилегала к кожуху; иначе высокочастотный сигнал будет попадать на выходную колодку, минуя переключатель.

Изготовленный таким образом переключатель будет фиксироваться и на промежуточных положениях ротора (втором, четвертом и шестом), на которых токосъемная пластина замыкается на землю. Избавиться от этого можно лишь переделав фиксатор переключателя, что сопряжено с большими трудностями.

При монтаже генератора необходимо следить за тем, чтобы монтажные провода были как можно короче.

Применение керамической панели для лампы $Л_1$ и керамического переключателя $П_1$ повышает стабильность частоты генерируемых колебаний.

Для стабилизации частоты при изменении температуры генератора параллельно конденсатору C_2 следует подключить постоянный тикондовый конденсатор типа КДК-1-М емкостью 15÷20 *мкмкф*.

Налаживание генератора состоит из подгонки границ частичных диапазонов, которая осуществляется изменением индуктивности контурных катушек, и получения стабильной

---

[1] Чтобы не повредить сопротивления в дальнейшем, на них надеваются кембриковые трубочки.

генерации на всех частотах. Прерывистую генерацию можно определить по любому приемнику. Приемник будет настраиваться на частоты, значительно меньше (в 5÷20 раз) той, которая должна генерироваться. Точек настройки будет очень много, а частоты некратны друг другу[1]. В этом случае необходимо уменьшить постоянную времени сеточной цепи за счет уменьшения величины сопротивления R_1.

Если напряжение высокой частоты будет меньше 1 *в*, то необходимо несколько увеличить величину обратной связи, переместив отвод от катушки L_1 ближе к сетке лампы $Л_1$.

Градуировка шкалы генератора производится по методу биений, для чего необходимо иметь эталонный генератор и приемник. Колебания высокой частоты от эталонного генератора и градуируемого генератора подаются на вход приемника, где они смешиваются и, если разность частот лежит в пределах звукового диапазона, воспроизводится динамиком в виде тона, частота которого тем ниже, чем меньше отличаются частоты эталонного и градуируемого генератора.

Более точную градуировку можно выполнить, если воспользоваться волномером.

Если же в распоряжении не будет ни волномера, ни стандарт-генератора, в точности которого нет сомнений, то градуировку можно осуществить с помощью приемника по частотам радиовещательных станций с известной длиной волны. Такой способ градуировки неоднократно описывался на страницах журнала «Радио».

Звуковой генератор работает сразу же после сборки и включения.

Налаживание вольтметра заключается в установке калибровочного сопротивления R_{17} таким образом, чтобы при подаче на сопротивление R_{10} синусоидального переменного напряжения в 2 *в* стрелка прибора отклонялась на всю шкалу.

После установки величины сопротивления R_{17} необходимо проверить линейность шкалы, для чего подаваемое напряжение изменяют через каждые 0,1 *в* и сверяют положение стрелки указателя с отметками шкалы (линейной). В случае, если расхождение превышает 5% от всей шкалы, ее следует перечертить в соответствии с градуировочной кривой.

---

[1] Будет генерироваться целая серия частот, с большим количеством гармоник.

ГЕНЕРАТОР ЗВУКОВОЙ ЧАСТОТЫ С СИНУСОИДАЛЬНОЙ И ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ФОРМОЙ ВОЛНЫ

Генератор звуковой частоты является очень удобным и широко используемым прибором. С его помощью можно производить налаживание усилителей низкой частоты, определять нелинейные искажения усилителей, трансформаторов, радиоприемников и передатчиков. Совместно с генератором высокой частоты можно определить полосу пропускания радиочастотного тракта приемника, наладить развертку и линейность по кадрам телевизора. Звуковой генератор также необходим для питания различных мостиковых схем при измерениях и т. д.

Возможность получения в генераторе напряжения с прямоугольной формой волны значительно облегчает регулировку частотных и фазовых характеристик усилителей, помогает выявить переходные процессы в усилителях и трансформаторах. Правда, возможности, даваемые генератором с прямоугольной формой волны, можно реализовать только при наличии катодного осциллографа.

Описываемый генератор имеет следующие характеристики:

1. Диапазон генерируемых частот от 20 до 20 000 *гц*[1].

2. Форма волны напряжения синусоидальная и прямоугольная.

3. Выходное сопротивление 500 и 10 000 *ом*.

4. Пиковое значение выходного напряжения: на 500 *ом* выходе 10 *в* и на 10 000 *ом* выходе 70 *в*.

5. Коэффициент высших гармоник при синусоидальной форме волны меньше 1,5%.

6. Пиковое напряжение гармоник при прямоугольной форме волны на частоте 20 000 *гц* (на аноде последней лампы): 1-я гармоника (основная) — 48 *в*; 10-я гармоника (200 *кгц*) — 5 *в*; и 50-я гармоника (1 *мгц*) — 0,2 *в*.

7. Уход частоты: а) при изменении на 10% напряжения питания — 2%; б) во времени — меньше 1,5% в час.

8. Изменение выходного напряжения в диапазоне генерируемых частот (от 20 до 20 000 *гц*) меньше 5%.

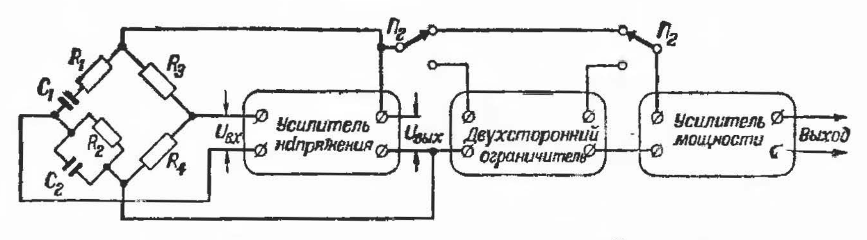
---

[1] Весь диапазон разбит на 3 поддиапазона: *I* — 20 ÷ 200 *гц*: *II* — — 200 ÷ 2000 *гц* и *III* — 2000 ÷ 20 000 *гц*.

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ГЕНЕРАТОРА

Генератор собран по схеме *RC*, которая обладает целым рядом положительных качеств и преимуществ перед иными типами генераторов. Основные из них следующие:

1. Легкость возбуждения генерации в широком диапазоне частот.
2. Большая устойчивость частоты.
3. Постоянство выходного напряжения на всем диапазоне генерируемых частот.
4. Малое содержание гармоник.
5. Отсутствие громоздких и дорогих трансформаторов и катушек индуктивности.
6. Простота в налаживании.



Фиг. 18. Блок-схема генератора звуковой частоты.

Все это заставляет считать генераторы с емкостно-реостатными элементами наиболее пригодными для изготовления их в радиолюбительских условиях.

Принцип действия такого генератора заключается в следующем.

Если на вход усилителя подать напряжение $U_{вх}$ и на выходе усилителя получается выходное напряжение $U_{вых}$, которое совпадает по фазе с входным напряжением $U_{вх}$, то подачей некоторой части выходного напряжения $U_п$ на вход усилителя можно вызвать самовозбуждение этого усилителя.

Самовозбуждение усилителя будет иметь место, если $U_п$ будет равно $U_{вх}$ по фазе и величине. Поскольку нужная фаза и величина напряжения обратной положительной связи могут быть получены без применения индуктивностей, можно построить генератор синусоидальных колебаний на *RC*.

Блок-схема генератора показана на фиг. 18. Как видно из этой схемы, генератор состоит из мостика *RC*, диагональ

которого подключена к двухступенному усилителю. Мостик питается выходным напряжением усилителя. Кроме того, выходное напряжение либо подается непосредственно на усилитель мощности, либо через так называемый двухсторонний ограничитель, превращающий синусоидальную форму волны напряжения в прямоугольную.

Условием генерации такой схемы является наличие сдвига фазы между входным и выходным напряжением усилителя на 2π, что для показанного на схеме мостика выполняется только лишь для одной частоты, при которой сопротивление плеч, содержащих реактивные элементы (емкости), будут равны между собой:

$$Z_1 = Z_2; \tag{8}$$

$$Z_1 = R_1 - j\frac{1}{\omega C_1}; \tag{9}$$

$$Z_2 = \frac{R_2(1 - j\omega C_2 R_2)}{1 + (R_2\omega C_2)^2}. \tag{10}$$

Приравнивая (9) и (10), получим:

$$R_1 - j\frac{1}{\omega C_1} = \frac{R_2}{1 + (R_2\omega C_2)^2} - j\frac{R_2^2\omega C_2}{1 + (R_2\omega C_2)^2}, \tag{11}$$

что справедливо только, лишь когда действительные и мнимые части равны между собой, т. е.:

$$R_1 = \frac{R_2}{1 + (R_2\omega C_2)^2} \tag{12}$$

и

$$\frac{1}{\omega C_1} = \frac{R_2^2\omega C_2}{1 + (R_2\omega C_2)^2}. \tag{13}$$

Последнее выражение преобразуем, разделив обе части равенства на $R_2\omega C_2$. Получим:

$$\frac{1}{R_2\omega^2 C_1 C_2} = \frac{R_2}{1 + (R_2\omega C_2)^2}. \tag{14}$$

Сравнивая (12) и (14), получим:

$$R_1 = \frac{1}{R_2\omega^2 C_1 C_2}, \tag{15}$$

откуда

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}, \tag{16}$$

или

$$f=\frac{1}{2\pi\sqrt{R_1R_2C_1C_2}}. \qquad (17)$$

При равенстве $R_1=R_2=R$ и $C_1=C_2=C$ получим:

$$f=\frac{1}{2\pi RC}, \qquad (18)$$

т. е. при равенстве емкостей и сопротивлений в прилежащих плечах моста частота изменяется обратно пропорционально первой степени емкости, в то время как для схемы LC частота изменяется обратно пропорционально $\sqrt{LC}$[1]. Следовательно, при том же коэффициенте перекрытия конденсатора можно получить бо́льшую ширину полосы генерируемых частот.

Так как между выходным и входным напряжениями для усилителя существует зависимость

$$U_{вых}=k\cdot U_{вх}, \qquad (19)$$

где k — коэффициент усиления усилителя, то необходимо сопротивлениями R_3 и R_4 так разбалансировать мост, чтобы соблюдалось равенство (19).

Аналитический вывод расчетной формулы для сопротивлений R_3 и R_4 несколько громоздок, поэтому приводим лишь окончательное выражение, по которому можно подсчитать R_3 (при равенстве $R_1=R_2=R$ и $C_1=C_2=C$):

$$R_3=\frac{R\,[R-2R_4(k-1)]}{R(k-1)-R_4}. \qquad (20)$$

Стабилизации амплитуды колебаний и независимости ее от частоты, характеристик ламп усилителя и напряжения питания можно достичь, применив в качестве R_4 сопротивление, обладающее бареттирующими свойствами, например лампочку накаливания на 5—8 *вт* с рабочим напряжением 127—220 *в*.

Цепь R_3—R_4 является в то же время и отрицательной обратной связью по напряжению (сопротивление R_4, кроме

---

[1] Частота генератора на LC определяется выражением

$$f=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.$$

того, создает отрицательную обратную связь по току, так как оно включено в катод лампы $Л_4$ и по нему течет весь ток лампы). Поэтому эквивалентную схему можно видоизменить, как показано на фиг. 19.

Тогда

$$k_0 = \frac{U_2}{U_1} = \frac{Z_1 + Z_2}{Z_2} = 1 + \frac{Z_1}{Z_2}, \qquad (21)$$

но

$$Z_1 = \frac{R_1 \omega C_1 - j}{\omega C_1} \qquad (22)$$

и

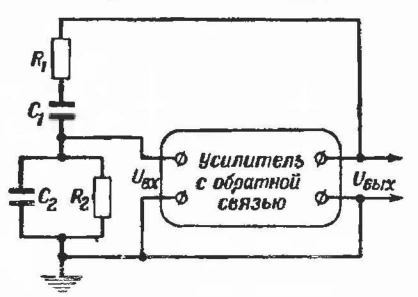
$$Z_2 = -\frac{jR_2}{R_2 \omega C_2 - j}. \qquad (23)$$

Подставляя (22) и (23) в (21) и произведя необходимые преобразования, получим:

$$k_0 = 1 + \frac{R_1 \omega C_1 + R_2 \omega C_2}{R_2 \omega C_1} + j \frac{R_1 \omega C_1 R_2 \omega C_2 - 1}{R_2 \omega C_1}. \qquad (24)$$

Приравнивая действительные части, получим величину коэффициента усиления усилителя с отрицательной обратной связью, необходимую для возникновения генерации:

$$k_0 = 1 + \frac{R_1}{R_2} + \frac{C_2}{C_1}. \qquad (25)$$



Фиг. 19. Эквивалентная схема генератора звуковой частоты.

Приравнивая нулю мнимую часть, получим выведенную уже нами (9) зависимость между параметрами мостика и генерируемой частотой:

$$\frac{R_1 \omega C_1 R_2 \omega C_2 - 1}{R_2 \omega C_1} = 0, \qquad (26)$$

откуда

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}. \qquad (16)$$

Все приведенные выше рассуждения имеют целью, во-первых, лучше представить и понять принцип действия генератора с мостиком RC, а во-вторых, помочь подсчитать параметры схемы в том случае, если в распоряжении радиолю-

бителя не будет деталей с номинальными значениями, указанными на принципиальной схеме.

Например, если нет возможности приобрести сдвоенный переменный конденсатор с максимальной емкостью секции в 650 *мкмкф*, то с равным успехом его можно заменить строенным конденсатором, с максимальной емкостью по 450 *мкмкф*, соединив параллельно первую и вторую секции. В этом случае

$$C_1 = 2C_2 \text{ и } f = \frac{1}{2\pi\sqrt{2}RC},$$

где C — емкость одной секции.

Однако при этом коэффициент усиления надо увеличить до 4, вместо 3 (который был необходим при равенстве $C_1 = C_2$), уменьшив величину R_7 (см. фиг. 20).

Аналогичным образом определяют и величину R_7, в зависимости от параметров лампы накаливания.

СХЕМА ГЕНЕРАТОРА

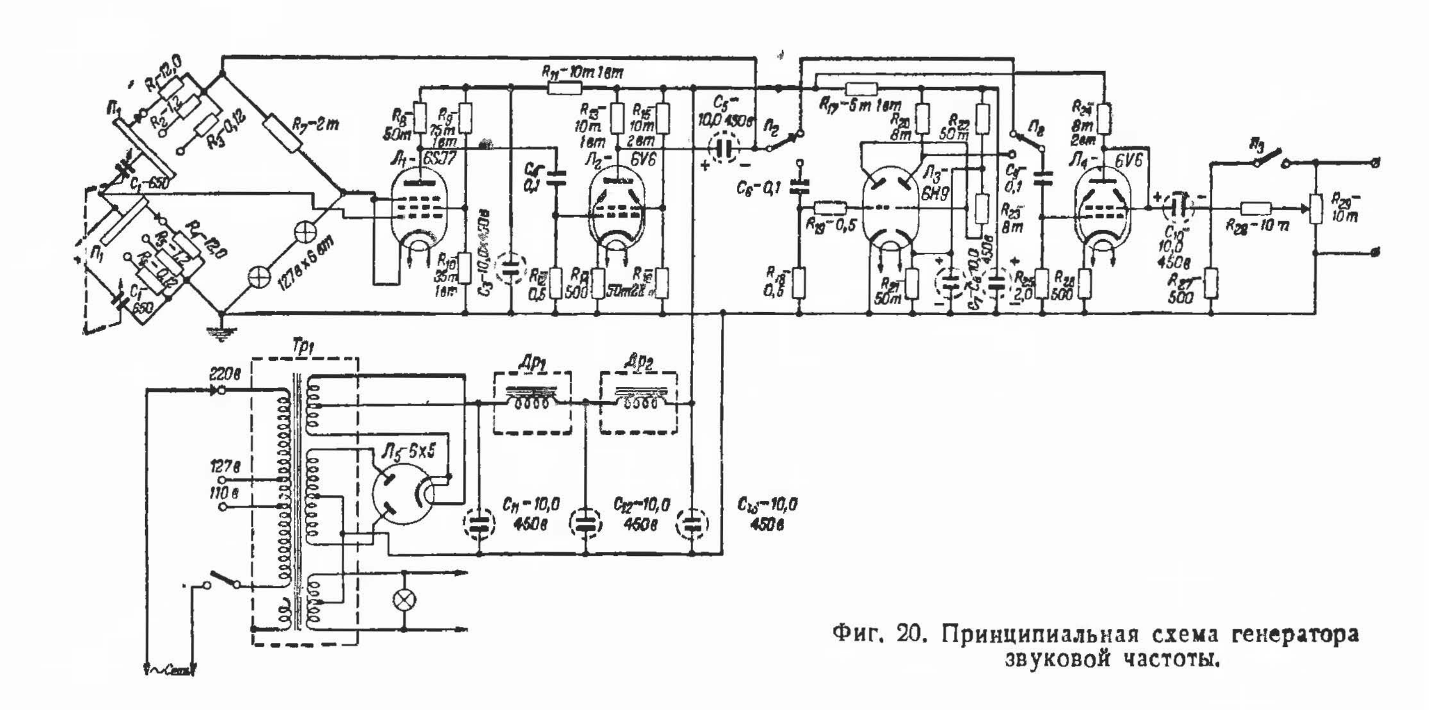
Принципиальная схема генератора показана на фиг. 20. Лампа $Л_1$ типа 6SJ7 и лампа $Л_2$ типа 6V6 представляют собой двухступенный усилитель с сильной отрицательной обратной связью по напряжению. В качестве первой лампы необходимо применять пентод с большим коэффициентом усиления, так как большое усиление этой ступени позволит использовать бо́льшую отрицательную обратную связь, что уменьшит содержание гармоник. В качестве второй лампы применен выходной лучевой тетрод типа 6V6, так как цепь обратной связи, состоящая из сопротивления R_7 и лампы накаливания, потребляет сравнительно большую мощность. Напряжение обратной связи снимается с анода лампы $Л_2$ и подается через конденсатор C_5 на сопротивление R_7.

Конденсатор C_5 должен иметь значительную емкость (больше 10 *мкф*), чтобы сопротивление его на самой низкой генерируемой частоте было достаточно малым; кроме того, этот конденсатор должен иметь малый ток утечки[1].

Если на выходе необходимо иметь синусоидальное напряжение, то сетка лампы $Л_4$ выходной ступени при помощи переключателя $П_2$ подключается через конденсатор C_5 к аноду лампы $Л_2$.

---

[1] Лучше вместо электролитического конденсатора использовать бумажный. Это замечание справедливо также и для конденсатора C_{10}.

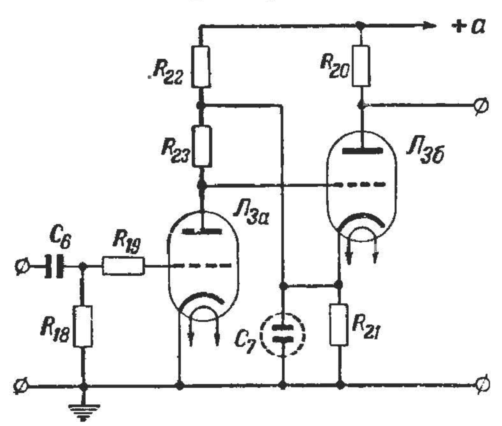


Фиг. 20. Принципиальная схема генератора звуковой частоты.

Если на выходе генератора потребуется напряжение с прямоугольной формой волны, то между анодом лампы $Л_2$ и сеткой лампы $Л_4$ переключателем $П_2$ включается двухсторонний ограничитель амплитуды — лампа $Л_3$ типа 6Н9.

Двухсторонний ограничитель работает следующим образом (фиг. 21).

Левый триод лампы $Л_3$ (на фиг. 21 — лампа $Л_{3а}$) работает без сеточного смещения, но с большим сопротивлением в цепи сетки; R_{19} равно 0,5 *мгом.* Характеристика анодного тока лампы в таком режиме показана на фиг. 22. Там же пунктиром нанесена характеристика анодного тока без сопротивления в цепи сетки.



Фиг. 21. Схема двухстороннего ограничителя.

Из характеристики видно, что анодный ток левого триода в области положительных смещений на управляющей сетке лампы остается постоянным. В силу этого происходит ограничение положительной полуволны синусоидального напряжения, которое подается на сетку этой лампы, и на аноде левого триода лампы получается напряжение, форма которого изображена на фиг. 22.

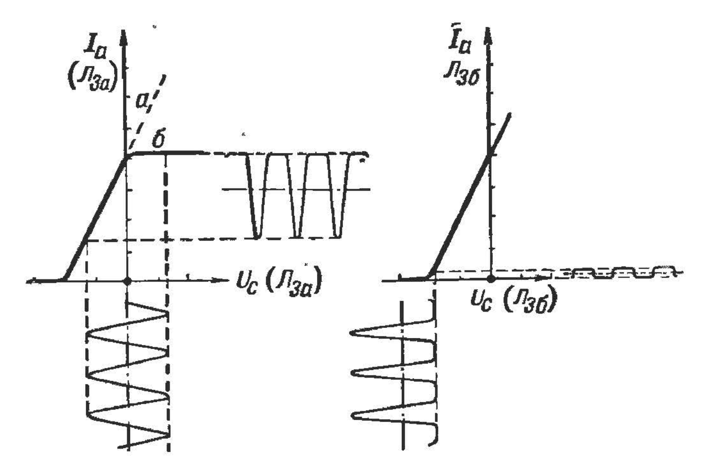
Режим правого триода лампы $Л_3$ выбран таким, что рабочая точка управляющей сетки находится вблизи от точки отсечки анодного тока. В результате этого отрицательная полуволна синусоидального напряжения ограничивается за счет отсечки анодного тока лампы $Л_{3б}$.

Вследствие этого на аноде лампы $Л_{3б}$ возникает напряжение, по форме приближающееся к прямоугольной волне.

Сформированные лампой $Л_3$ прямоугольные импульсы через переключатель $П_2$ и конденсатор C_9 подаются на сетку лампы $Л_4$, где они усиливаются по напряжению и току. Усиленные импульсы с анода лампы $Л_4$ через конденсатор C_{10} поступают на выходной делитель, имеющий сопротивление в 500 или 10 000 *ом.* Переключение выходного со-

противления производится переключателем $П_3$ и позволяет согласовать генератор с сопротивлением внешней нагрузки.

Чтобы пропустить без заметных искажений прямоугольные импульсы с частотой от 20 до 20 000 *гц*, ширина полосы пропускания выходной ступени должна быть от 20 *гц* до 2 *мггц*. Для уменьшения искажений, вносимых последней



Фиг. 22. Напряжения и характеристики в различных участках двухстороннего ограничителя.
а — сеточная характеристика лампы $Л_{3а}$ при $R_{10} = 0$; *б* — то же, при $R_{10} = 0{,}5$.

ступенью усиления, лампа включена триодом. Лучшие результаты дает лампа типа 6AG7, включенная также триодом.

Для того чтобы свести к минимуму частотные искажения и стабилизировать амплитуду сигнала, во всех ступенях усиления введена отрицательная обратная связь: все катодные сопротивления (за исключением лампы $Л_3$) не имеют шунтирующих емкостей, экранные сетки пентодов питаются с делителей напряжения и также не заземлены по переменному току. Все эти меры дают возможность изготовить генератор, у которого все высшие гармоники в сумме не превышают $1 \div 1{,}5\%$.

Наибольшую неприятность в изготовлении звукового генератора, питающегося от сети переменного тока, создает фон сети с частотой в 50 *гц* и фон выпрямителя с частотой в 100 *гц*. Поэтому необходимо принять все меры к тому, чтобы их снизить. Для этой цели фильтр выпрямителя вы-

полнен двухзвенным; кроме того, лампы $Л_1$ и $Л_3$ имеют хорошие развязки в анодной цепи.

Для уменьшения 50-периодного фона обмотки накала кенотрона и накала ламп имеют средние точки — первая соединяется со входом фильтра, вторая с землей. Для снижения э. д. с., наводимых полями трансформатора и дросселей, все они заключены в экраны из 1-*мм* мягкой стали.

Выпрямитель двухполупериодный на лампе $Л_5$ типа 6Х5, дающий на выходе ток 75 *ма* при напряжении 250 *в*.

МОНТАЖ, НАЛАЖИВАНИЕ И ГРАДУИРОВКА ГЕНЕРАТОРА

На переднюю панель генератора (фиг. 23) выведены: ручка верньера установки частоты (C_1), переключатель диапазонов $П_1$, потенциометр регулировки выходного напряжения R_{29}, переключатель выхода $П_3$, переключатель формы волны $П_2$, выходные зажимы, выключатель питания и глазок-индикатор включения.

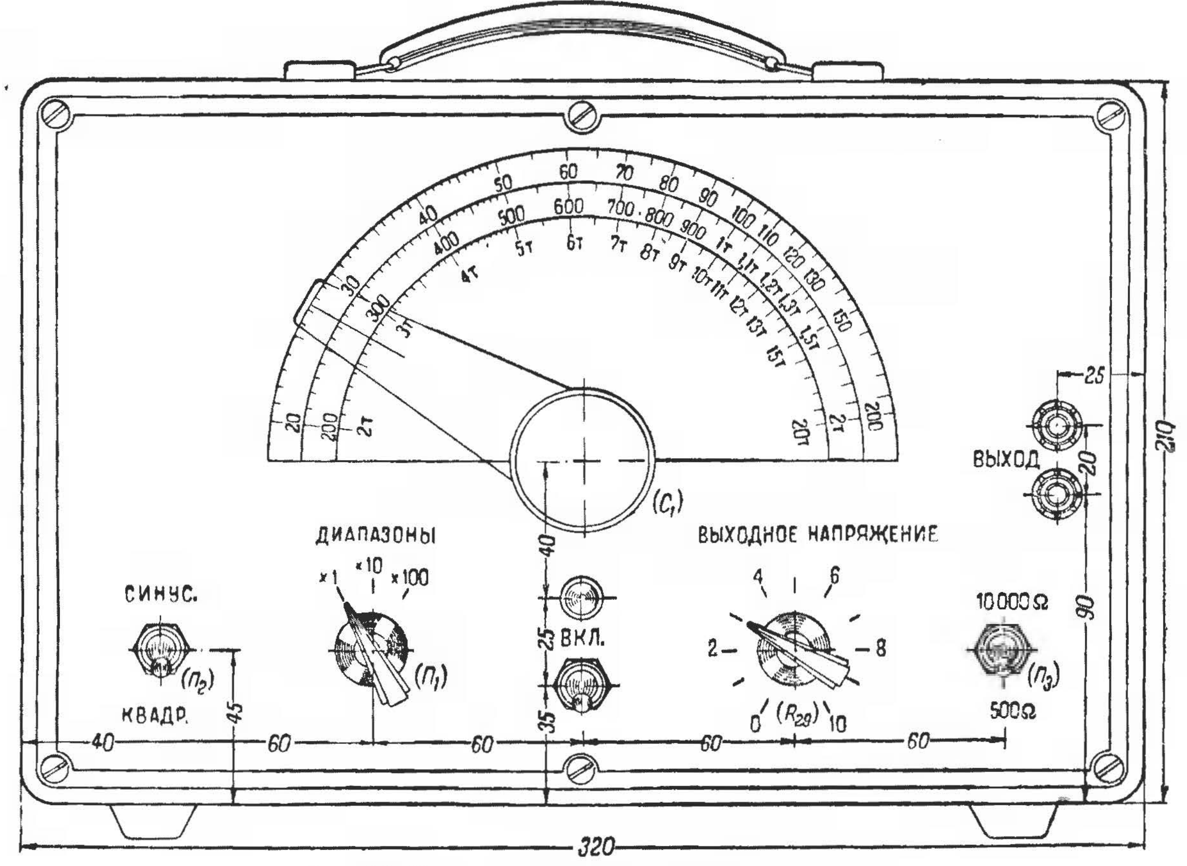
Расположение деталей генератора на шасси показано на фиг. 24. Сверху шасси расположены: трансформатор $Тр_1$, дроссель фильтра $Др_1$ (второй дроссель $Др_2$ помещен под шасси), конденсатор переменной емкости C_1, лампы и часть электролитических конденсаторов. Остальные детали расположены под шасси.

Монтаж лучше всего вести жестким луженым проводом, надевая на него кембриковые трубочки в местах пересечения. Все заземления необходимо осуществить на общий заземляющий провод, соединив его с шасси в 3—4 местах при помощи лепестков. Земляные лепестки рекомендуется не приклепывать к шасси, а соединить их винтами, проложив между лепестком и шасси врезающуюся шайбу.

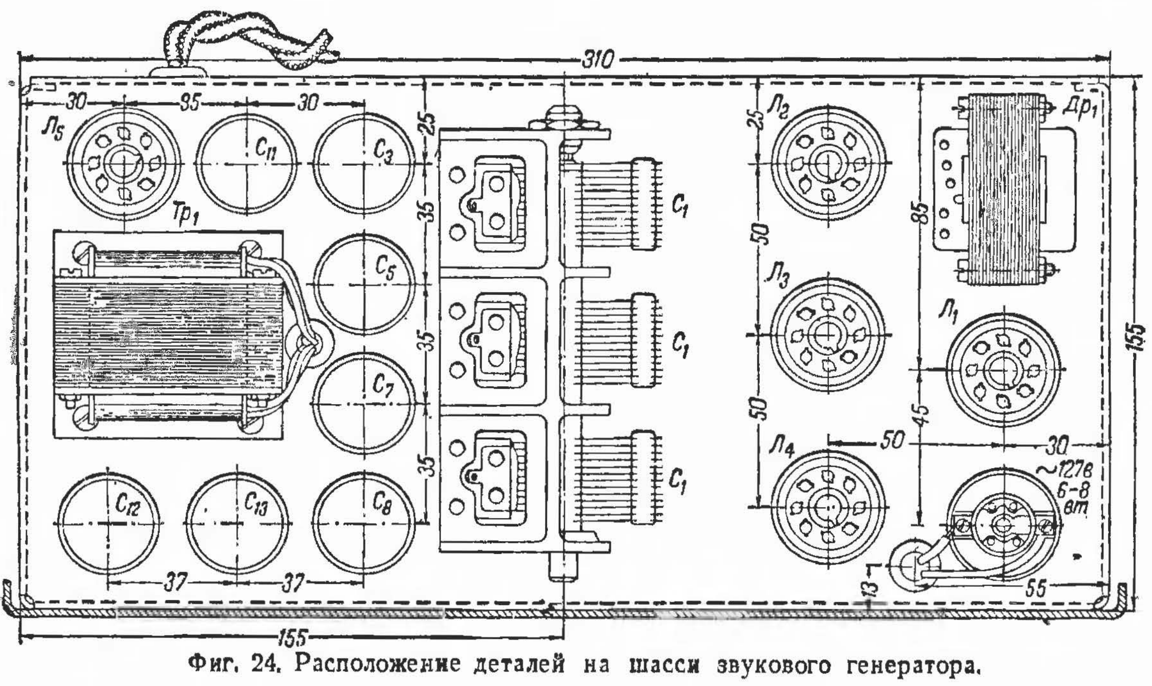
Мощность сопротивлений, не указанных на принципиальной схеме, 0,5 *вт*. Все сопротивления желательно поставить типа ВС. Это особенно важно для сопротивлений R_1... ...R_6, R_7, R_{20}...R_{23}, так как от качества их зависит устойчивость работы генератора.

Если имеются в наличии малогабаритные бумажные конденсаторы по 10 *мкф* на 300 *в*, то вместо электролитических конденсаторов C_5 и C_{10} следует поставить их.

Корпус конденсатора переменной емкости должен быть изолирован от шасси, так как он является общей точкой двух секций, которая и присоединяется к сетке первой лампы. Чтобы не вносить искажений емкостным влиянием рук



Фиг. 23. Передняя панель звукового генератора.



Фиг. 24. Расположение деталей на шасси звукового генератора.

оператора, необходимо верньер изолировать от ротора конденсатора.

Перед монтажем все детали должны быть тщательно проверены, и если они не отличаются больше чем на 10% от номинальных значений, указанных на схеме, все налаживание генератора сведется лишь к подбору величины сопротивления R_{23}, с которого подается смещение на правый триод ограничителя — лампу $Л_3$. Если же нет возможности приобрести детали с указанными значениями, то рекомендуется следующий порядок налаживания. Конденсатор C_1 устанавливают в положение минимальной емкости, переключатель $П_1$ — в среднее положение (диапазон 200—2 000 *гц*), а переключатель $П_2$ — в положение «синусоидальная волна». Вместо сопротивления R_7 временно ставят переменное сопротивление на 5 000 ÷ 10 000 *ом*. К выходным зажимам подключают телефонные трубки или катодный осциллограф, и, изменяя сопротивление потенциометра R_7, добиваются возникновения генерации. Далее, изменив сопротивление R_7 на 3—5%[1], проверяют наличие генерации на всех диапазонах в любом положении конденсатора C_1. Затем измеряют величину сопротивления R_7 и заменяют его постоянным.

После того как удалось добиться устойчивой генерации, необходимо наладить ограничитель. Для этого переключатель $П_2$ переводится в положение «прямоугольная волна», и по вольтметру, измеряющему пиковое значение переменного напряжения, или по ламповому осциллографу следят за тем, чтобы амплитуда прямоугольной волны равнялась амплитуде синусоидальной волны. Величина амплитуды регулируется сопротивлением R_{23}, вместо которого временно рекомендуется поставить также переменное сопротивление. Увеличение величины сопротивления приводит к уменьшению амплитуды напряжения (рабочая точка сдвигается ближе к точке отсечки анодного тока).

Если при налаживании ограничителя используется ламповый осциллограф, то выходные зажимы генератора надо подсоединить непосредственно к отклоняющим пластинам трубки, минуя усилитель осциллографа, так как полоса пропускания усилителей обычных типов осциллографов не выше 200 ÷ 400 *кгц*. Если конструкция осциллографа не позволяет подключиться непосредственно к отклоняющим пластинам трубки, то регулирование ограничителя лучше всего

---

[1] Чтобы нить лампочки накаливания начала слегка светиться (темнокрасное каление).

производить на частоте в 20÷50 *гц*. В этом случае искажений прямоугольного импульса не наблюдается.

Проверка отсутствия 50 и 100-периодной наводки на генератор осуществляется следующим образом. Устанавливают частоту генерации в 50 или 100 *гц*, и если при этом вследствие биений с частотой наводки амплитуда колебаний генератора изменяется не больше чем на ±2%, то можно считать, что наводка практически отсутствует. В случае колебаний амплитуды более ±2% при частоте 100 *гц* необходимо улучшить фильтрацию анодного тока, увеличив емкость конденсаторов C_{11} и C_{13} до 20 *мкф* и величины сопротивлений R_{11} и R_{17} соответственно до 20 000 и 10 000 *ом*. При наличии значительных биений на частоте 50 *гц* необходимо проверить экранировку трансформатора и дросселей, экранировать все цепи, по которым течет переменный ток, отдалив их от мостика и цепи сетки первой лампы, и попробовать заземлить один из концов накальной обмотки трансформатора, отсоединив среднюю точку от земли.

Градуировку генератора лучше всего производить по другому звуковому генератору, точность градуировки которого заведомо известна. На осциллографе сравнение частот производится по фигурам Лиссажу. Если же нет осциллографа, то сравнить частоты градуируемого и эталонного генераторов можно по биениям, подключив их один к правому, другой к левому телефонам телефонных трубок.

При отсутствии эталонного генератора градуировку можно произвести, сравнивая тон генератора с тоном рояля[1]. Частота колебаний различных тонов дана, например, в «Справочнике по радиотехнике» Гинкина, 1948 г., на стр. 338.

Градуировку можно также произвести с помощью осциллографа по кривым Лиссажу, используя в качестве временной развертки частоту сети переменного тока 50 *гц*. Необходимо только помнить, что частота сети может колебаться в пределах от 49 до 51 *гц*, поэтому при градуировке необходимо сначала с помощью вибрационного частотомера определить частоту тока сети. В этом случае градуировку лучше всего вести на втором диапазоне (200 ÷ 2 000 *гц*) и, если величины сопротивлений в мостике отличаются друг от

---

[1] Такая градуировка не будет вполне точной, ибо музыкальные инструменты настраиваются не по физической (математической) шкале тонов — гамме, а по так называемой темперированной гамме. Однако погрешность не будет превышать 3%.

друга в 10 раз (с точностью до 1%), то градуировка будет справедлива и на двух остальных диапазонах.

После этого необходимо измерить величину выходного напряжения в зависимости от положения ручки потенциометра, регулирующего амплитуду выходного напряжения, и нанести соответствующие отметки, чтобы устанавливать необходимую величину напряжения, не измеряя его каждый раз.

На этом градуировку генератора можно считать законченной.

ИЗМЕРИТЕЛЬ КОЭФФИЦИЕНТА ДОБРОТНОСТИ КАТУШЕК—КУМЕТР

Во многих случаях радиолюбительской практики приходится сталкиваться с необходимостью измерять коэффициент добротности самодельных, а иногда и заводских катушек индуктивности. От коэффициента добротности контурных катушек зависят основные характеристики радиоприемных устройств.

Как известно, коэффициентом добротности Q катушки называется отношение реактивного сопротивления ее к активному сопротивлению, т. е:

$$Q = \frac{\omega L}{R}, \qquad (27)$$

где L — индуктивность катушки;
R — активное сопротивление катушки с учетом потерь на рабочей частоте.

Коэффициент добротности показывает, во сколько раз напряжение, возникающее в контуре при резонансе, больше подведенного к контуру переменного напряжения, т. е.

$$U_{вых} = QU_{вх}. \qquad (28)$$

Иными словами, Q как бы является «коэффициентом усиления» колебательного контура в случае, когда подведенная к контуру частота равна резонансной. Таким образом, увеличение добротности повышает чувствительность радиотракта.

Кроме того, с увеличением Q резонансная кривая контура делается более острой, полоса пропускания становится

уже и улучшается избирательность приемника, как это видно из следующего выражения:

$$2\Delta\omega_0 = \frac{\omega_0}{Q}, \tag{29}$$

где $2\Delta\omega_0$ — полоса пропускания контура при резонансной частоте ω_0.

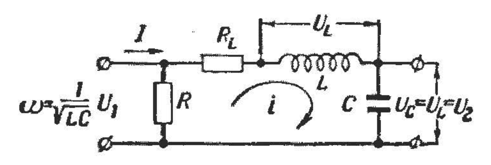
Описываемый куметр позволяет измерять коэффициент добротности катушек от 10 до 600 в диапазоне частот от 100 *кгц* до 30 *мггц*. Точность измерения Q равна $\pm 5\%$.

Кроме своего основного назначения, куметр может служить для определения индуктивности катушек в пределах от 1 *мкгн* до 5 *мгн*, емкости конденсаторов от 2 до 350 *мкмкф* и от 200 *мкмкф* до 0,1 *мкф*, емкости монтажа и т. д.

Куметр можно использовать также и в качестве сигнал-генератора с индуктивным или емкостным выходом, если отбираемая мощность не превышает 0,5 *вт*.

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

Работа прибора основана на следующем принципе. Если к сопротивлению R (фиг. 25) подвести напряжение U_1 с частотой $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$ (резонансной частотой контура LC),



Фиг. 25. Цепь *RLC* куметра.

то на емкости C и индуктивности L возникнут равные по величине напряжения U_2, большие чем U_1 в Q раз.

Действительно, под влиянием U_1 в цепи потечет ток:

$$I = \frac{U_1}{R_L + R}, \tag{30}$$

где R_L — активное сопротивление L на частоте ω.

При резонансе:

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}. \tag{31}$$

Умножая обе части равенства на I, получим:

$$I\omega L = \frac{I}{\omega C} = U_2, \qquad (32)$$

т. е. равно напряжению, возникающему на емкости или индуктивности.

Определим величину отношения U_2/U_1.

Из (30) имеем:

$$U_1 = I(R_L + R)$$

и из (32):

$$U_2 = I\omega L.$$

Следовательно:

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{I\omega L}{I(R_L + R)} = \frac{\omega L}{R_L + R}. \qquad (33)$$

Если сопротивление R выполнено таким образом, что его величина значительно меньше R_L, то им можно пренебречь, и формула (33) примет вид:

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{\omega L}{R_L}. \qquad (34)$$

Но $\omega L/R_L = Q$; следовательно, $U_2/U_1 = Q$,

или

$$U_2 = U_1 Q. \qquad (35)$$

Иными словами, если мы от генератора подведем к сопротивлению R[1]. заведомо известное нам и постоянное по амплитуде при всех измерениях напряжение высокой частоты U_1, то шкалу вольтметра, измеряющего напряжение, например, на емкости C можно проградуировать непосредственно в единицах Q.

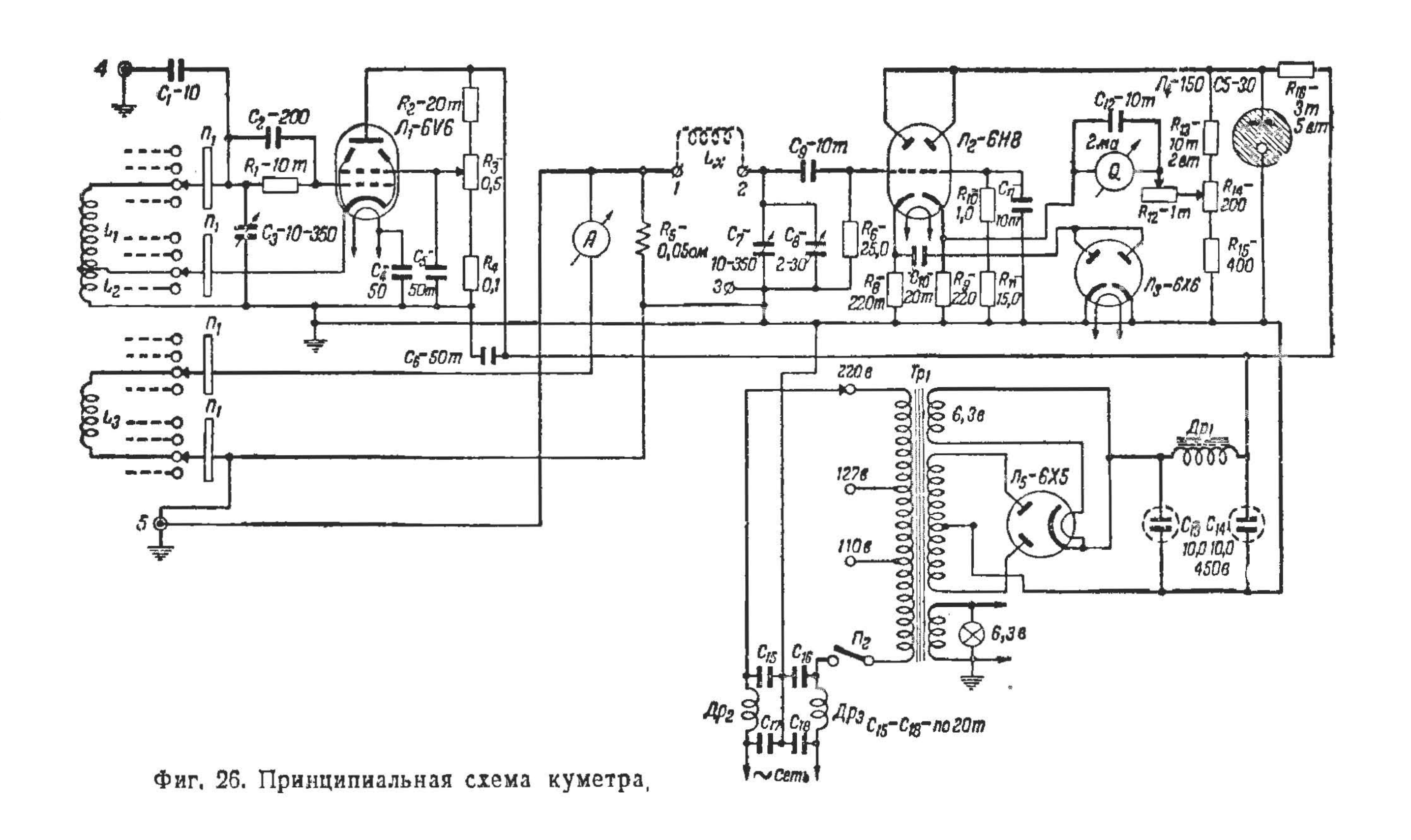
СХЕМА ПРИБОРА

Прибор, полная схема которого показана на фиг. 26, состоит из 3 основных частей (фиг. 27):

1. Градуированного генератора высокочастотных колебаний.
2. Цепи RLC.
3. Лампового вольтметра.

---

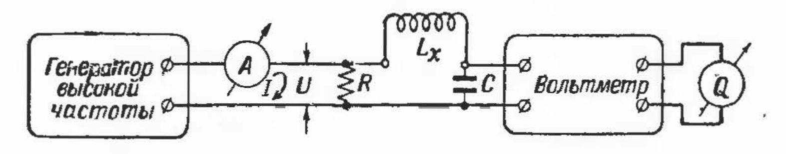
[1] При условии, что $R \ll R_L$.



Фиг. 26. Принципиальная схема куметра.

Генератор собран по трехточечной схеме с электронной связью с заземленным по высокой частоте анодом на лампе $Л_1$ типа 6V6. Выходная мощность регулируется изменением напряжения на экранной сетке при помощи потенциометра R_3. Так как мощность, отбираемая от сеточного контура при измерении Q, значительна и равна приблизительно 0,5 *вт*, обратная связь выбрана несколько больше критической.

С изменением нагрузки на контур несколько меняется частота. Для измерения Q это не играет большой роли, так как Q контура мало зависит от частоты[1] при изменении ее в небольших пределах. Но это обстоятельство необходимо учитывать при проведении других измерений с куметром,



Фиг. 27. Блок-схема куметра.

и измерения надо проводить при той же отбираемой от контура мощности, при которой проводилась градуировка шкалы генератора.

Цепь *RLC* состоит из катушки связи L_3, отбирающей мощность от генератора, высокочастотного термопарного амперметра типа *ПМТ*-70, сопротивления R_5 и конденсатора C_7. Эта цепь является основной в приборе, поэтому опишем ее более подробно.

Как уже указывалось выше, необходимо, чтобы U_1 поддерживалось постоянным. Это осуществляется тем, что через сопротивление R (см. фиг. 25) проходит ток постоянной величины I. Ток регулируется потенциометром R_3. В данном куметре сопротивление R_5 равно 0, 05 *ом*.

Вольтметр, измеряющий напряжение на конденсаторе C_7, отклоняется на всю шкалу при напряжении на входе в 6 *в*.

Таким образом, для того чтобы вся шкала куметра соответствовала значениям $Q = 300$, необходимо установить ток по прибору $I = 0{,}4a$, а для $Q = 600 - I = 0{,}2a$.

[1] Так как с ростом ω одновременно растет и R_L, отношение ω / R_L изменяется незначительно.

Особое внимание следует уделить монтажу цепи RLC, так как от этого зависит максимальный диапазон измерения. Чем выше частота, тем труднее обеспечить надлежащее экранирование и уберечь от наводок контур LC. Колебания в нем могут возникнуть не только под влиянием разности потенциалов на сопротивления R_5, но и под воздействием э. д. с., наводимых на провода, конденсатор C_7 и зажимы.

При монтаже цепи RLC слёдует придерживаться следующих правил:

1. Все соединительные провода должны быть как можно короче.

2. Заземление всех элементов цепи, выделенное на схеме, должно быть осуществлено в одной точке, например на роторе конденсатора C_7, и эта точка должна соединяться с общим заземлением прибора.

3. Ни в коем случае нельзя допускать проводов в цепи RLC, параллельных проводам остальной схемы, несущим высокую частоту.

4. Монтаж цепи должен быть выполнен жестким медным, а еще лучше посеребренным проводом диаметром 1,5—2 *мм*.

5. Переключатель, коммутирующий катушки L_3, должен быть весьма надежным. Если нет уверенности в работе переключателя, то лучше соединить параллельно две группы его контактов.

Как показал опыт эксплоатации нескольких куметров, построенных по схеме, опубликованной в журнале «Радио» № 1 за 1950 г., диодный вольтметр, подключенный непосредственно к цепи RLC, вносит значительные искажения при измерениях на высокой частоте (выше 3—5 *мгц*). Вольтметр с анодным детектированием трудно изготовить из-за отсутствия в продаже малогабаритных микроамперметров с чувствительностью 250 *мка* на всю шкалу. Поэтому пришлось применить схему вольтметра с катодным входом, которая работает следующим образом.

Левый триод лампы $Л_2$ типа 6Н8 поставлен в режим катодного повторителя. С нагрузочного сопротивления R_8 левого триода лампы $Л_2$ напряжение высокой частоты подается на диодный вольтметр, состоящий из лампы L_3 типа 6Х6 и усилителя постоянного тока (правый триод лампы $Л_2$).

Диод $Л_3$ выпрямляет напряжение, снимаемое с сопротивления R_8. Выпрямленное напряжение через фильтр R_{10}

и C_{11} подается на сетку правого триода лампы $Л_2$ и в зависимости от величины выпрямленного напряжения изменяет ее анодный ток. Правый триод лампы является одним из плечей мостика. Другими плечами служат сопротивления R_9, R_{13} и R_{15}. Напряжение питания в 150 *в* подается с газового стабилизатора $Л_4$ типа 150С5-30. В измерительную диагональ включен прибор на 2 *ма*, шкалы которого проградуированы в единицах Q[1]. Последовательно с прибором стоит калибровочное сопротивление R_{12}. Сопротивление R_{14} служит для установки прибора на нуль при отсутствии напряжения на входе. Такая схема оказалась весьма эффективной, так как она обладает достоинствами вольтметра с анодным детектированием (малой входной емкостью и большим сопротивлением) и высокой чувствительностью диодного вольтметра. Погрешность измерения на всем диапазоне частот от 100 *кгц* до 30 *мггц* не превышает 5%.

При монтаже вольтметра особых предосторожностей принимать нет необходимости. Желательно только применить устойчивые сопротивления R_9, R_{13} и R_{15} типа ВС.

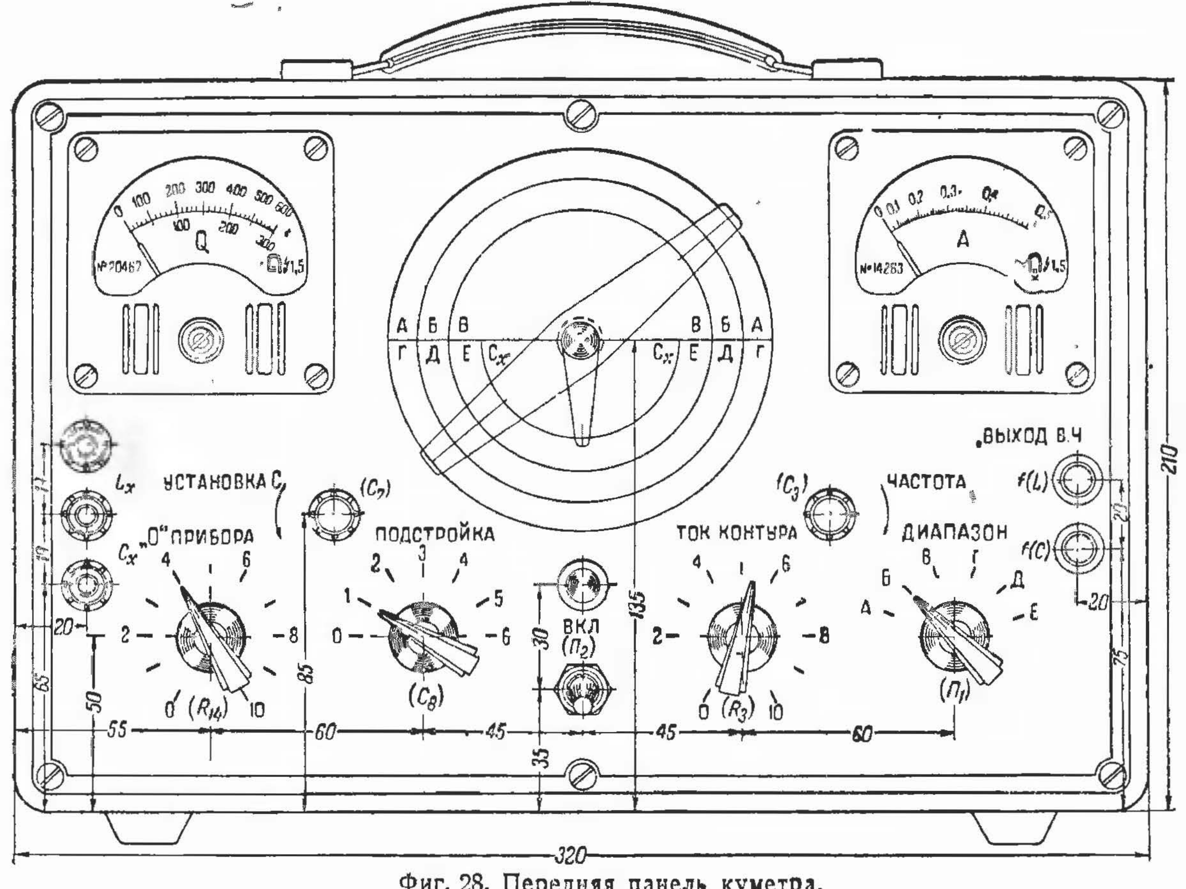
КОНСТРУКЦИЯ ПРИБОРА И ДЕТАЛИ

На передней панели (фиг. 28) расположены приборы, ручки, зажимы и гнезда. Внизу помещены ручки от R_{14}, C_8, R_3 и $П_1$, несколько выше — ручки от C_7 и C_3. Слева помещены зажимы *1*, *2* и *3*, справа — гнезда *4* и *5*. Сопротивление R_{12} выведено под шлиц на заднюю стенку шасси и регулируется через отверстие в кожухе. На переднюю панель также вынесены включатель сети $П_2$ и глазок сигнальной лампы.

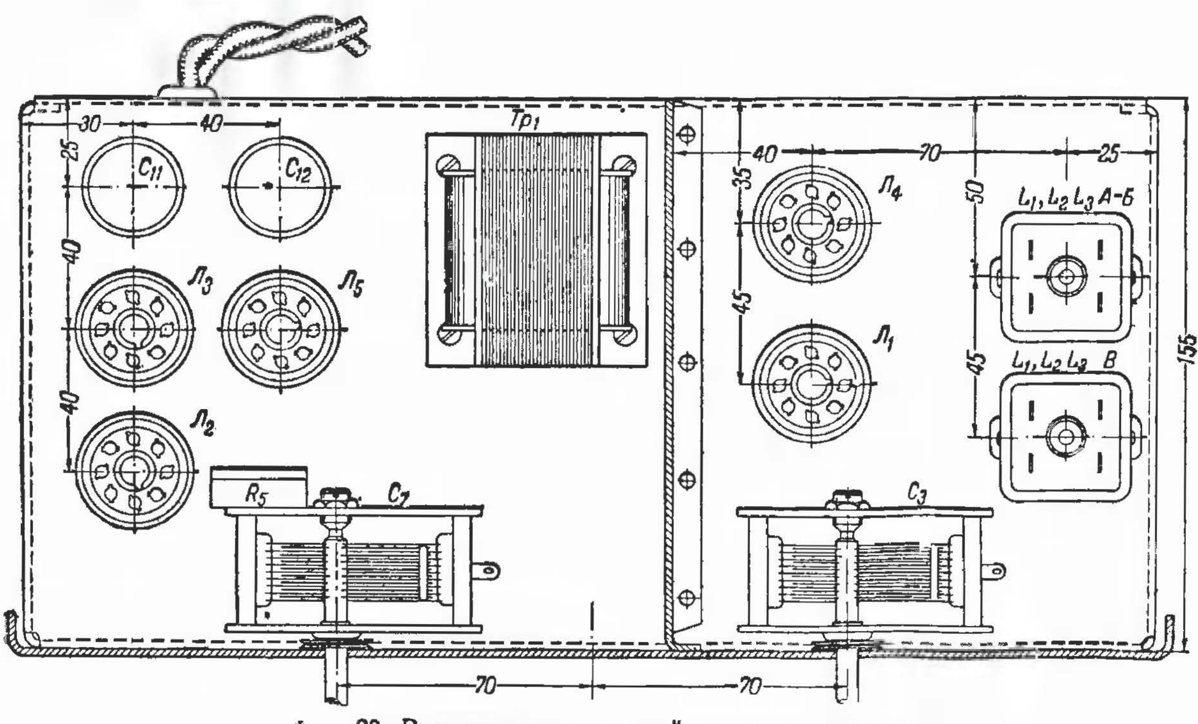
Шкалы частот размещены в середине верхней части передней панели. Шкала емкости конденсатора размещена там же, причем оси вращения стрелки указателя частоты и стрелки указателя емкости совмещены. Конструктивно это выполнено следующим образом: ось указателя частот сплошная и помещена внутри полой оси указателя емкостей. Стрелки указателей связаны с конденсаторами C_3 и C_7 тросовыми приводами, для чего на роторах конденсаторов и осях указателей закрепляются четыре ролика равных диаметров (порядка 20—25 *мм*). Тросик либо стальной, либо из крученого шелка.

---

[1] В пределах от 0 до 600 верхняя шкала и от 0 до 300 нижняя шкала.



Фиг. 28. Передняя панель куметра.



Фиг. 29. Расположение деталей на шасси куметра.

Размеры и расположение основных деталей на шасси прибора показаны на фиг. 29. Слева на шасси установлен вольтметр, в середине выпрямитель (трансформатор, кенотрон и электролитические конденсаторы сверху и дроссель фильтра снизу шасси), справа генератор, в отсеке которого помещен газовый стабилизатор типа 150С5-30.

При монтаже генератора надо принять все меры к тому, чтобы он был хорошо экранирован от остальной схемы. Это осуществляется установкой экранов как под шасси, так и на шасси (эти экраны видны на фиг. 29), и шунтированием всех проводов, входящих в отсек генератора, конденсаторами на землю. Конденсаторы необходимо заземлять в той же точке, где заземлен конец катушки L_1.

Контурные катушки диапазонов *А*, *Б* и *В* помещены над шасси, диапазонов *Г*, *Д* и *Е* — под шасси, вблизи от переключателя $П_1$.

В кожухе на левой стенке и сзади сделаны вентиляционные отверстия. Кожух снабжен ручкой для переноски прибора.

Данные катушек даны в табл. 4.

Таблица 4

Данные катушек индуктивности куметра

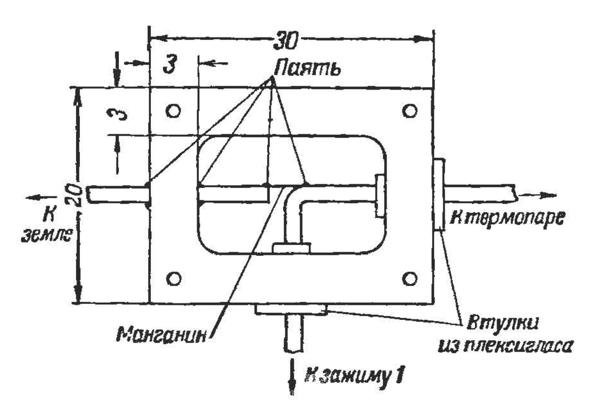
Диапазоны	Границы частот, *мггц*	Диаметр каркаса, *мм*	Марка и диаметр провода, *мм*	Тип намотки	Ширина или шаг намотки, *мм*	Число витков	Отвод от ... витка
А	0,095—0,25	11	ПЭШО 0,15	Универс.	6	710	320
Б	0,24—0,67	11	ПЭШО 0,15	„	6	410	176
В	0,65—1,73	11	ПЭШО 0,31	„	6	112	33
Г	1,70—4,50	20	ПЭ 0,7	рядная	25	62	19
Д	4,40—12,0	20	ПЭ 0,9	Однослойн.	шаг—1,5	29	11
Е	11,5—29,0	Без каркаса ∅ 15	Посеребренный — 1,5	„	шаг—2,5	7	3,5

Примечание. Число витков катушки L_2 равно 2—5 витков и подбирается опытным путем. Марка провода ПХВГ 0,5 *мм*² или ЛПРГС—0,5 *мм*².

Катушки следует изготовить или подобрать из имеющихся в наличии. Их изготовление можно производить следующим образом.

После того как прибор полностью собран (без катушек), изготовляют катушку диапазона *А* и включают ее в схему

генератора. Проверяют минимальную частоту любым способом, например по известным радиовещательным станциям. Изменением индуктивности катушки добиваются необходимого значения частоты генератора. Далее проверяют величину обратной связи, для чего амперметром измеряют ток в цепи RLC на всем диапазоне, перекрываемом конденсатором. Сопротивление R_3 должно быть полностью введено. Если при минимальной емкости ток через амперметр значительно меньше 0,4*а*, то необходимо увеличить обратную связь, переместив отвод ближе к сеточному концу.



Фиг. 30. Конструкция сопротивления R_6.

Необходимое число витков для катушек всех последующих диапазонов устанавливается следующим образом. Изготовляют вторую катушку с несколько меньшим числом витков, чем для диапазона *А*, и подключают ее к зажимам *1* и *2*. Конденсатор C_7 устанавливают на максимум емкости, а C_3 — вблизи от минимума (чтобы обеспечить некоторое перекрытие диапазонов). Сматыванием витков добиваются максимального отклонения куизмерителя. Таким образом определяется общее число витков катушки. Величина же обратной связи устанавливается способом, описанным выше. Так, переходя от диапазона к диапазону, можно подобрать необходимое число витков для всех катушек. Число витков катушки подбирается по максимуму тока при любом, но неизменном положении C_3 и R_3.

Катушки диапазонов *А*, *Б* и *В* после изготовления лучше пропитать церезином, чтобы защитить их от влаги и увеличить их механическую прочность.

Катушка L_4, функции которой будут описаны ниже, наматывается на фарфоровом или плексигласовом каркасе диаметром 25—30 *мм* и имеет 1,5—2 витка провода диаметром 2 *мм*. Шаг намотки — 4 *мм*.

Особое внимание необходимо уделить изготовлению сопротивления R_5, которое должно быть безиндукционным и величина его не должна меняться с частотой. Выполнено оно следующим образом (фиг. 30).

В массивном латунном или алюминиевом бруске размером $20 \times 20 \times 30$ *мм* выбирается полость (так, чтобы толщина стенок осталась не меньше 3 *мм*), в которой будет помещено сопротивление. Сопротивление изготовляют из кусочка манганиновой проволоки диаметром 0,15 и длиной 2 *мм*, который впаивается между концами медной проволоки диаметром 1,5 *мм*. Сопротивление должно быть равно 0,05 *ом* (допустимое отклонение $\pm$ 0,001 *ом*). Перпендикулярно к медной проволоке делают отвод к зажиму *1*. Один из выводов припаивают к корпусу, а два другие изолируют текстолитовыми или плексигласовыми втулками. Камера сверху закрывается 3-*мм* пластиной из того же материала. Сопротивление крепится на статоре конденсатора.

Выпрямитель особых пояснений не требует.

РАБОТА С ПРИБОРОМ

При помощи куметра можно измерять не только добротность контуров, но и выполнять целый ряд других необходимых в радиолюбительской практике измерений.

1. Измерение коэффициента добротности катушек Q в пределах от 10 до 600. Катушку, коэффициент добротности которой необходимо измерить, подключают к зажимам *1* и *2*; при помощи переключателя $П_1$ и конденсатора C_3 устанавливают частоту f, на которой надо измерить Q; сопротивлением R_3 устанавливают ток в цепи RLC в 0,2 *а*.

Контур настраивается в резонанс конденсатором C_7 и более точно C_8. Момент резонанса определяется по максимальному отклонению стрелки куизмерителя. Величина коэффициента добротности отсчитывается по шкале 0—600. Если показания стрелки меньше 300, то ток увеличивают до 0,4 *а* и вторично настраивают контур в резонанс. В этом случае показания отсчитываются по шкале 0—300.

2. Измерение малых емкостей (от 2 до 350*мкмкф*). Для измерения емкостей необходимо конденсатор C_7 и C_8 проградуировать в *мкмкф*. Градуировка производится, когда

прибор уже полностью собран, т. е. с учетом емкости его монтажа.

Измерение емкости производится по методу замещения. К зажимам *1* и *2* подключают любую катушку индуктивности. Конденсатор C_7 устанавливают на максимум емкости; переключателем $П_1$ и конденсатором C_3 цепь *RLC* настраивается в резонанс. Далее к зажимам *2* и *3* подключают конденсатор, емкость которого необходимо измерить. Уменьшением емкости C_7 и C_8 цепь *RLC* вторично настраивается в резонанс. Емкость измеряемого конденсатора равна разности значений емкости конденсаторов $C_7 + C_8$ при этих двух резонансах.

3. Измерение больших емкостей (от 200 *мкмкф* до 0,1 *мкф*). К зажимам *1* и *2* подключают катушку L_4, а к *2* и *3* — измеряемый конденсатор. Цепь *RLC* настраивается в резонанс. Емкость подчитывают по формуле:

$$C_x = \frac{25\,300}{L_{4\,(мкгн)} \cdot f^2_{(кгц)}} - C_{7\,(мкф)}, \qquad (36)$$

или находят по заранее построенному графику. Измерение емкости можно производить, не отключая конденсатор от схемы, в которой он замонтирован, если только этот конденсатор не шунтирован сопротивлением меньше 300 *ом*.

4. Измерение индуктивностей (от 1 *мкгн* до 5 *мгн*). Катушка с неизвестной индуктивностью подключается к зажимам *1* и *2*. Цепь *RLC* настраивается в резонанс. Индуктивность вычисляется по формуле:

$$L_{x\,(мкгн)} = \frac{25\,300}{C_{7\,(мкф)} \cdot f^2_{(кгц)}}, \qquad (37)$$

или находится по заранее построенному графику.

5. Использование куметра в качестве сигнал-генератора. В зависимости от того, какой выход требуется от сигнал-генератора — индуктивный или емкостный, двухполюсная вилка кабеля включается в гнездо *1* или *2*. Необходимую частоту устанавливают при помощи $П_1$ и C_3, а амплитуду — сопротивлением R_3.

Как уже указывалось, частота генератора в некоторой степени зависит от тока в цепи *RLC*, поэтому при всех измерениях, в которых результат зависит от *f*, необходимо установить тот же ток, при котором градуировался генератор. Эта мера значительно повышает точность измерений.

ГРАДУИРОВКА КУМЕТРА

Градуировка куметра не представляет принципиальных трудностей. Необходимо градуировать: *а*) частоту генератора, *б*) шкалу вольтметра и *в*) шкалу емкостей конденсатора C_7.

Все это производится обычными способами. Несколько слов надо сказать лишь о градуировке вольтметра, которая производится следующим образом.

На вход вольтметра с потенциометра подается напряжение в 1, 2...6 *в* переменного тока с частотой 50 *гц* и на шкале наносятся отметки, которые будут соответствовать величинам коэффициента добротности в 100, 200 ... 600. Регулировкой сопротивления R_{12} добиваются, чтобы при подаче на вход 6 *в* стрелка прибора устанавливалась на крайнем делении шкалы.

Проверить градуировку можно измерением Q эталонных катушек на разных частотах.

Градуировка шкалы емкостей конденсатора C_7 производится после окончательной сборки и регулировки куметра. Перед градуировкой прибор включают в сеть и дают ему возможность прогреться в течение 25—30 *мин.* Конденсатор C_8 устанавливают в положение, при котором емкость его равна примерно половине от максимальной. К зажимам конденсатора C_7 подключают любого типа измеритель емкостей, имеющий достаточную точность (порядка $\pm 3\%$) и измеряют значение емкости конденсатора C_7 в зависимости от угла поворота его ротора. На шкале конденсатора C_8 делают нулевую отметку в его среднем положении и измеряют прирост емкости конденсатора C_7 (положительный и отрицательный) в зависимости от положения ротора C_8. Соответствующие отметки наносят на шкалу конденсатора C_8. С помощью конденсатора C_8 можно измерять емкости порядка $2 \div 10$ *мкмкф.*

Измерение больших емкостей необходимо производить при нулевом положении конденсатора C_8.

ЭЛЕКТРОННЫЙ ОСЦИЛЛОГРАФ

Осциллограф предназначен для исследования формы электрических колебаний быстро протекающих процессов в электрических цепях и является весьма ценным прибором в практике радиолюбителей.

Осциллограф все глубже и глубже проникает в практику радиолюбительских измерений, позволяя лучше и быстрее налаживать то или иное устройство. С его помощью значительно упрощается процесс налаживания низкочастотных усилителей, подбор режимов питания ламп и коррекции, позволяющих свести до минимума частотные и фазовые искажения.

Различные вспомогательные устройства значительно расширяют область применения осциллографа. Например, при посредстве генератора качающейся частоты и стандарт-генератора можно очень быстро и точно отрегулировать весь высокочастотный тракт радиовещательного приемника или телевизора.

С помощью звукового генератора с прямоугольной формой волны можно наглядно и быстро отрегулировать фазовую и частотную характеристики усилителей, определить и устранить искажения, вносимые переходными процессами в трансформаторах и дросселях. Имея электронный переключатель, можно следить одновременно за двумя связанными между собой переменными напряжениями, например входным и выходным напряжением усилителя, дифференцирующих и интегрирующих цепей и т. д.

В тех случаях, когда работа того или иного устройства зависит не только от величины и частоты напряжения или тока, но и от их формы, осциллограф является абсолютно незаменимым прибором, как, например, при регулировке линейности разверток телевизора. В опытных руках осциллограф позволяет производить весьма различные измерения. С этими измерениями можно познакомиться в специальной литературе.

Ниже описана конструкция осциллографа, позволяющего производить почти все перечисленные виды измерений. Такой осциллограф можно изготовить в радиолюбительских условиях.

Несмотря на внешнюю сложность схемы и громоздкость (осциллограф имеет 8 ламп), он прост в изготовлении и налаживании, безотказен в работе и имеет следующие характеристики:

Диапазон частот развертки	от 10 *гц* до 20 *кгц*
Нелинейность развертки до 50 *гц* . .	10%
выше 50 *гц* . .	5%
Чувствительность по оси Y	0,05 *в/мм*
Чувствительность по оси X	0,08 *в/мм*

Полоса пропускания с завалом 5 *дб* . .	10 *гц* ÷ 50 *кгц*
Диаметр трубки	75 *мм*
Синхронизация	внутренняя, внешняя и 50 *гц*

Сигнал подается на отклоняющие электроды либо непосредственно, либо через усилитель. Луч при обратном ходе гасится.

СХЕМА ОСЦИЛЛОГРАФА

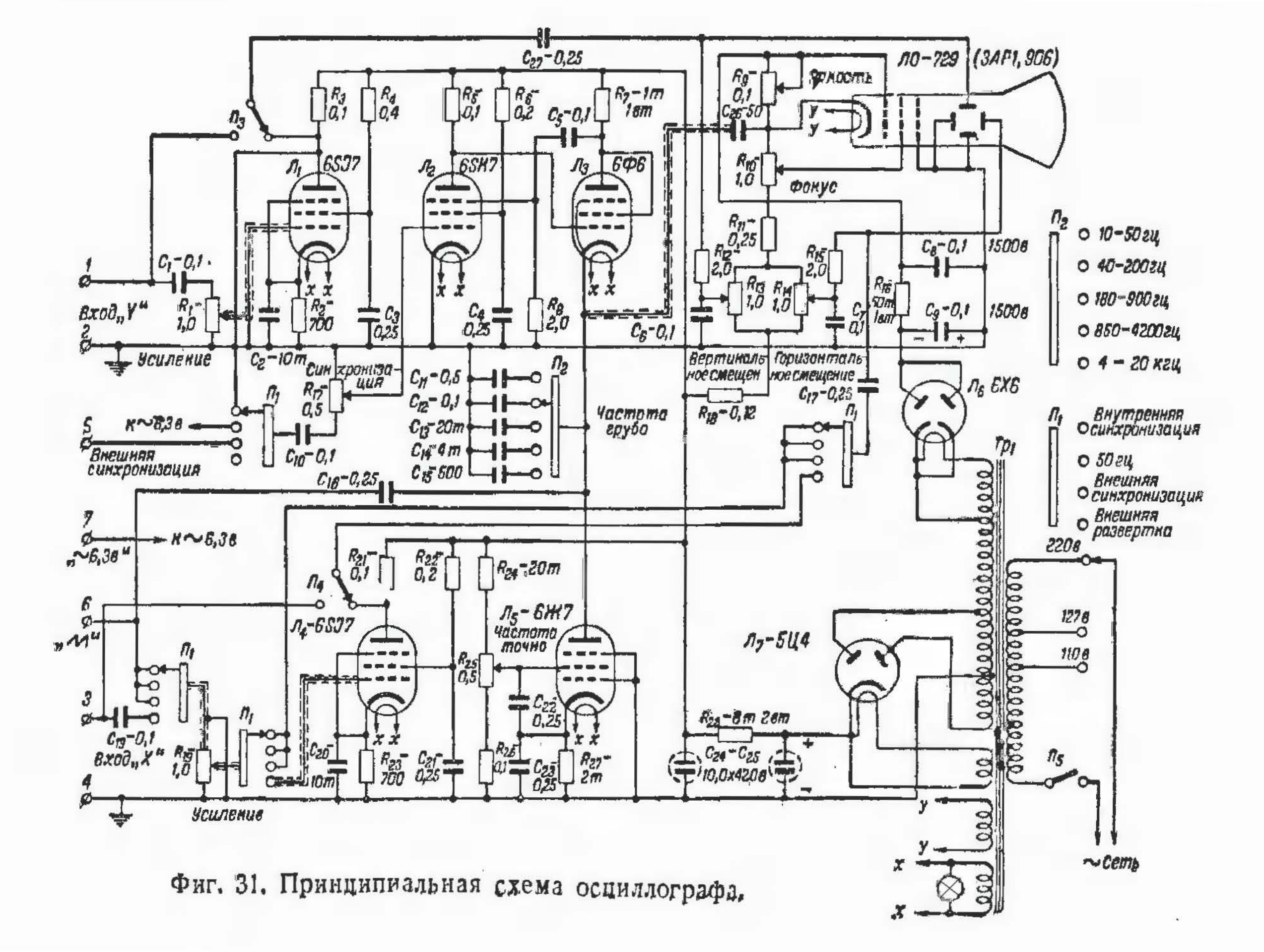
Принципиальная схема осциллографа показана на фиг. 31, а блок-схема на фиг. 32. Как видно из блок-схемы, осциллограф состоит из следующих узлов: электронно-лучевой трубки с блоком регулировок; блока развертки; усилителя по оси «*Y*», усилителя по оси «*X*» и выпрямительного блока.

Исследуемый сигнал подается на входные зажимы усилителя по оси «*Y*» и далее через разделительный конденсатор C_1 на потенциометр регулировки усиления R_1. Средняя точка этого потенциометра соединена с управляющей сеткой лампы $Л_1$, типа 6SJ7. Анодной нагрузкой лампы служит сопротивление R_3, величина которого сравнительно мала. Это сделано для того, чтобы расширить полосу пропускания в сторону более высоких частот. Для этой же цели величина конденсатора C_2 уменьшена до 10 000 *мкмкф*, что создает большую величину негативной обратной связи на низких частотах. Усиленное исследуемое напряжение снимается с анода лампы и через переключатель $П_3$ и конденсатор C_{18} подается на пластины вертикального отклонения электронно-лучевой трубки. В случае, если необходимо сигнал подать непосредственно на отклоняющие пластины, последние переключателем $П_3$ могут быть подключены непосредственно к входным зажимам.

Усилитель по оси «*X*» отличается только входной цепью. При работе от внешней развертки развертывающее напряжение подается на входные зажимы и дальше через конденсатор C_{19} и переключатель $П_1$ подается на управляющую сетку лампы $Л_4$ типа 6SJ7. Если внешнее развертывающее напряжение достаточно велико, то его можно подать на горизонтальные отклоняющие пластины непосредственно с входных зажимов.

Схема блока развертки приведена на фиг. 33.

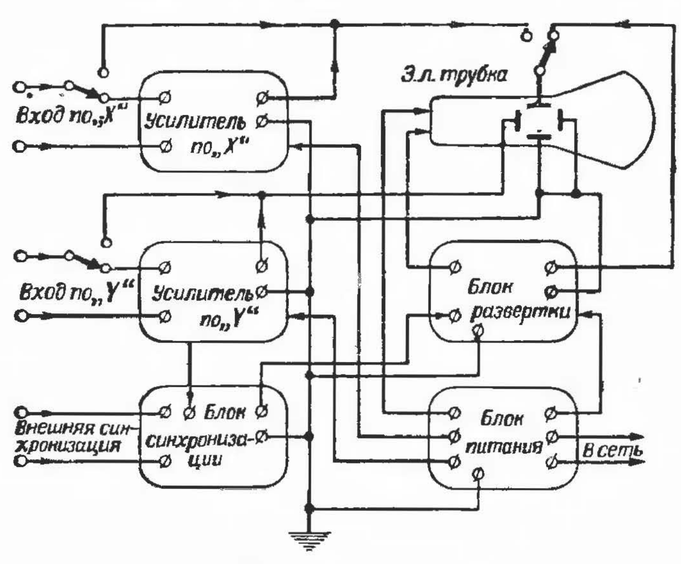
Блок собран на трех электронных лампах: $Л_2$ типа 6SK7, $Л_3$ типа 6Ф6 и $Л_5$ типа 6Ж7. Такое усложнение вызвано



Фиг. 31. Принципиальная схема осциллографа.

необходимостью получить широкий диапазон частот развертки с хорошей линейностью.

Схема работает следующим образом. В момент включения анодного напряжения конденсатор C заряжается через лампу $Л_3$. Начальный бросок зарядного тока I_c уменьшает напряжение на аноде лампы $Л_3$. Отрицательный импульс с анода лампы $Л_3$ передается на антидинатронную сетку лампы $Л_2$. Лампа $Л_2$ запирается, вследствие чего напряже-



Фиг. 32. Блок-схема осциллографа.

ние на ее аноде, а следовательно и на сетке лампы $Л_3$ повышается, увеличивая ее анодный ток.

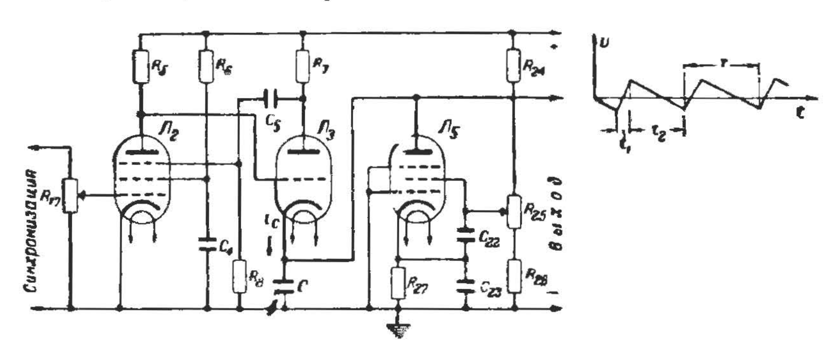
По мере заряда конденсатора C потенциал катода лампы повышается; кроме того, зарядный ток J_c экспоненциально уменьшается. Благодаря этому, напряжение на аноде лампы $Л_3$ увеличивается. Положительный импульс с анода лампы $Л_3$ передается на антидинатронную сетку лампы $Л_2$ и отпирает ее. Напряжение на аноде лампы $Л_2$ уменьшается и тем самым запирает лампу $Л_3$. Эти процессы в схеме происходят одновременно и носят лавинообразный характер.

После того как лампа $Л_3$ заперлась и конденсатор C зарядился до некоторого значения U_c, этот конденсатор начинает разряжаться через лампу $Л_5$, которая поставлена

в такой режим, что, независимо от напряжения на ее аноде, ток, проходящий через лампу, остается постоянным по своей величине.

Таким образом, разряд конденсатора C постоянным током образует рабочий участок пилообразного напряжения, т. е. участок прямого хода луча.

После разряда конденсатора C до определеного значения потенциал катода лампы $Л_3$ понижается настолько, что через лампу начинает проходить анодный ток. Появление анодного тока в лампе $Л_3$ вызывает лавинообразный процесс в схеме, и цикл повторяется.



Фиг. 33. Схема генератора развертки.

Длительность обратного хода луча определяется величиной анодной нагрузки лампы $Л_3$, т. е. величиной сопротивления R_7.

Частота развертки регулируется, во-первых, грубо, емкостью зарядного конденсатора C (по принципиальной схеме $C_{11}...C_{15}$) и, во-вторых, плавно, изменением потенциала экранной сетки разрядного пентода $Л_5$ при помощи потенциометра R_{25}.

Частоту развертывающего напряжения[1] с точностью до 10% можно оценить по положениям ручек $П_2$ и R_{25}. С помощью переключателя $П_2$ можно установить следующие диапазоны частот развертки: *I* — 10 ÷ 50 *гц*; *II* — 40 ÷ 200 *гц*; III — 180 : 900 *гц*; IV — 850 *гц* ÷ 4,25 *кгц* и V-4 ÷ 20 *кгц*.

---

[1] При „нулевой" глубине синхронизации. Сопротивление полностью выведено.

Если величина сопротивления R_{25} изменяется по линейному закону, то число пятых долей полного угла поворота его будет показывать во сколько раз генерируемая частота больше начального значения границы диапазона.

Например: переключатель $П_2$ во второй позиции; сопротивление R_{25} на $^3/_5$ оборота. Частота $= 40 \cdot 3 = 120$ *гц*.

С ручкой сопротивления R_{25} можно связать шкалу или нанести деления на лицевой панели осциллографа.

Синхронизация развертывающего напряжения осуществляется путем подачи исследуемого напряжения на сетку лампы $Л_2$. Если переключатель $П_1$ стоит в положении «Внутренняя синхронизация», то исследуемый сигнал с анода лампы $Л_1$ через конденсатор C_{10} и сопротивление регулировки глубины синхронизации R_{17} подводится к сетке лампы $Л_2$. При синхронизации частотой 50 *гц* к сетке лампы $Л_2$ подводится напряжение 6,3 *в* от накала ламп. При внешней синхронизации с переключателем $П_1$ соединен один из зажимов «Внешняя синхронизация». Четвертое положение переключателя $П_1$ предназначено для перевода схемы в режим работы от внешнего источника развертывающего напряжения. Напряжение развертки снимается с катода лампы 6Ф6 и подается на сопротивление R_{19}, а с его средней точки на горизонтальные отклоняющие пластины электронно-лучевой трубки.

В трубке типа ЛО-729 специальной конструкцией электронной пушки и отклоняющих пластин трапецоидальные искажения сведены к минимуму, потому подача отклоняющего и развертывающего напряжений выполнена по несимметричной схеме: напряжение подается лишь на одну из отклоняющих пластин, вторые пластины и анод соединены с землей.

Ускоряющее поле между катодом и вторым (заземленным) анодом создается подачей на катод высокого (—1 250 *в*) отрицательного потенциала с анодов выпрямительной лампы $Л_6$ типа 6Х6[1].

Смещение луча в вертикальном и горизонтальном направлениях осуществляется изменением статического потенциала незаземленных отклоняющих пластин относительно земли при помощи сопротивлений R_{13} и R_{14}.

---

[1] Вместо лампы 6Х6 можно применить лампу типа 1Ц1 или 2Х2, изменив данные накальной обмотки трансформатора.

Фокусировка статическая и регулируется изменением потенциала первого анода с помощью сопротивления R_{10}.

Яркость регулируется сопротивлением R_9. При этом изменяется отрицательный потенциал сетки относительно катода.

Луч гасится подаваемым на катод положительным импульсом, который возникает на конденсаторе C_{26} при обратном ходе луча. Конденсатор C_{26} слюдяной и рассчитан на рабочее напряжение 1 500 *в*, так как он включен между катодом трубки, имеющим потенциал — 1 250 *в* и анодом лампы $Л_5$, потенциал которого достигает +250 *в*.

Выпрямительный блок состоит из трансформатора $Тр_1$, двух кенотронов: низковольтного (лампа $Л_7$ типа 5Ц4) и высоковольтного (лампа $Л_6$ типа 6Х6). Для сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения в обоих случаях применены емкостно-омические П-образные фильтры.

Высокое напряжение на катод лампы $Л_6$ подается с продолжения одной из половин повышающей вторичной обмотки трансформатора $Тр_1$. Накальная обмотка лампы $Л_6$ намотана отдельно, но внутри трансформатора соединена с повышающей обмоткой.

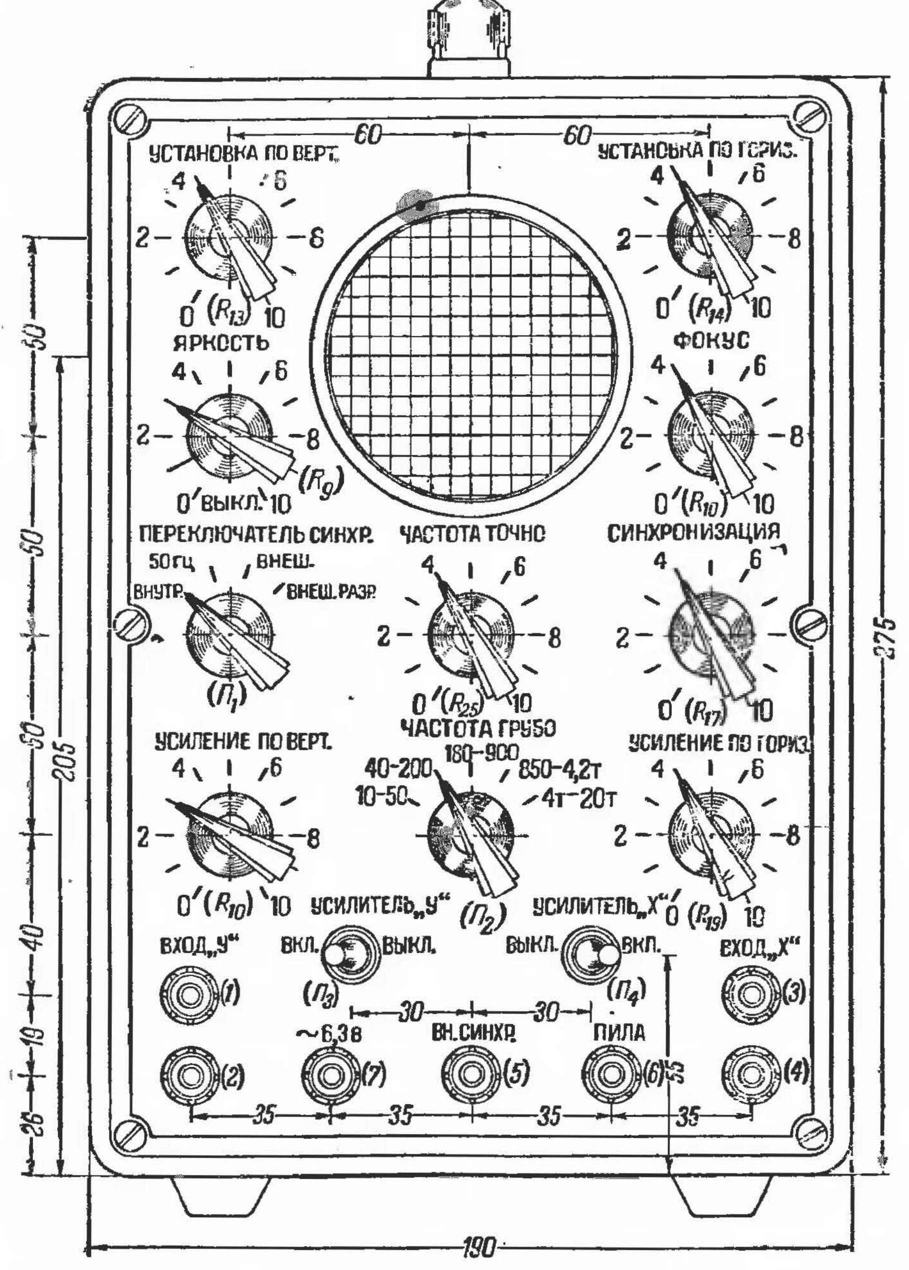
МОНТАЖ И НАЛАЖИВАНИЕ ОСЦИЛЛОГРАФА

На передней панели (фиг. 34) смонтированы все регулирующие сопротивления и переключатели, а также конденсаторы C_1, C_{11}...C_{15}, C_{16}, C_{18} и C_{19} и сопротивления R_{11} и R_{18}.

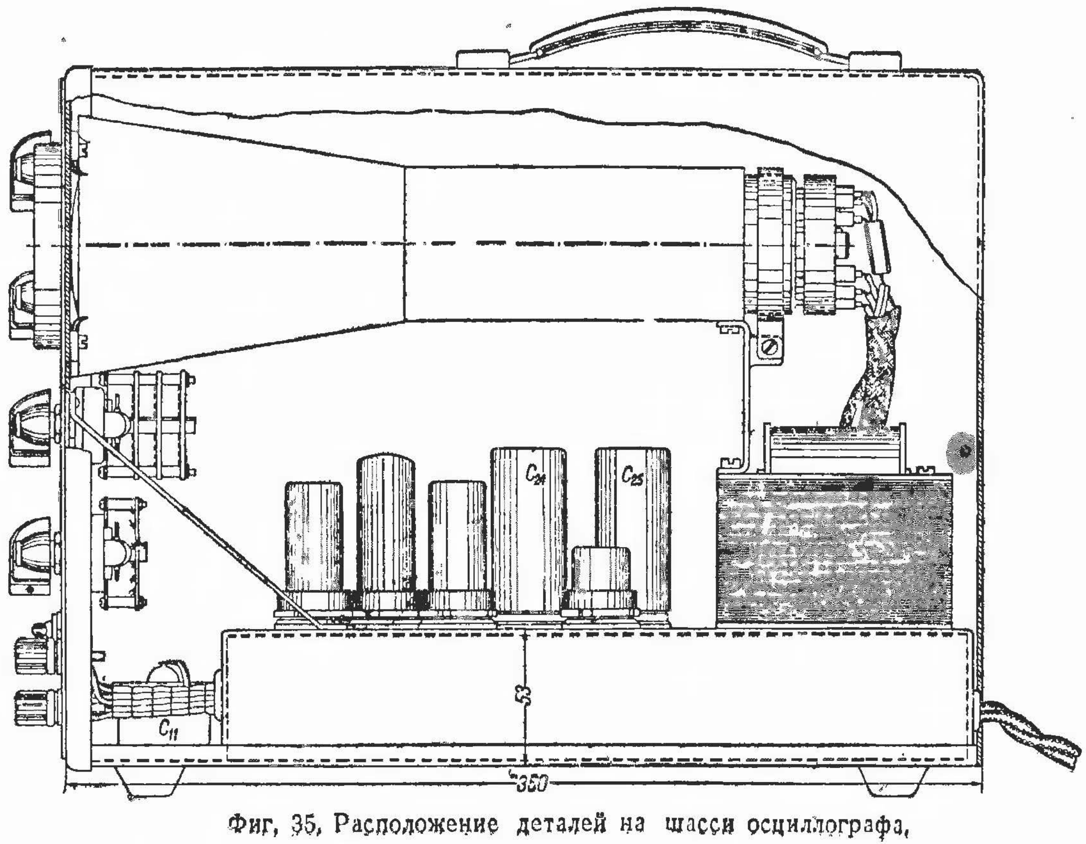
На шасси (фиг. 35) размещены лампы, силовой трансформатор и электролитические конденсаторы C_{24} и C_{25}. Все остальные детали помещены внутри шасси.

Электронная трубка заключена в экран из мягкой отожженной стали (лучше экран сделать из пермаллоя), который прикреплен одним концом к силовому трансформатору, а вторым (раструбом) к передней панели. Экран необходим для того, чтобы защитить трубку от магнитных наводок, во-первых, полей рассеивания силового трансформатора, и во-вторых, магнитных полей приборов, окружающих осциллограф. Для уменьшения влияния последних кожух осциллографа также рекомендуется изготовлять из мягкой стали, а не из алюминия.

Монтаж ведется жестким медным луженым проводом. Земляные концы сопротивлений и конденсаторов припаиваются к земляной шине, изготовленной из 2÷2,5 *мм* медной



Фиг. 34. Передняя панель осциллографа.



Фиг, 35, Расположение деталей на шасси осциллографа,

луженой проволоки. Шина должна быть общей для всей схемы осциллографа. Она соединяется с шасси в нескольких местах монтажными лепестками.

Сопротивления, конденсаторы и провода, имеющие больший отрицательный потенциал относительно шасси, должны быть с особенной тщательностью изолированы от него. Изоляция должна выдерживать напряжение не меньше 2 000 *в*. На это же напряжение должна быть рассчитана и изоляция повышающей обмотки трансформатора. Панельку лампы $Л_6$ желательно поставить фарфоровую.

Входные цепи усилителей по осям X и Y должны быть тщательно экранированы. Это относится также и к проводам, идущим к ламповой панельке электронно-лучевой трубки, для чего они собираются в один жгут, на который сверху надевается экранный чулок.

Конденсатор C_{26} припаивают непосредственно к ламповой панельке трубки. Провод, соединяющий его с катодом лампы $Л_3$, должен быть также тщательно экранирован. Помещать его в общий жгут не следует.

После сборки и проверки монтажа можно приступать к налаживанию осциллографа.

Налаживание рекомендуется начинать с регулировки выпрямителя и установления режима работы трубки, для чего замеряется напряжение на выходных конденсаторах фильтров, когда поставлены на свои места только кенотроны. При этом на конденсаторе C_{24} напряжение относительно шасси должно быть равно $+350 \div 375$ *в*, на конденсаторе C_8—$1250 \div 1350$ *в*. Затем все лампы, кроме трубки, ставятся на свои места, и проверяется напряжение на C_{24}; оно должно быть равным $+225 \div 250$ *в*.

Далее проверяется режим работы трубки, причем напряжение следует измерять относительно катода[1]. В зависимости от положения движка сопротивления R_9 напряжение на сетке должно изменяться в пределах от 0 до —75 *в*. Напряжение на первом аноде при перемещении движка потенциометра должно меняться в пределах от 0 до +750 *в*.

Дальше устанавливается величина сопротивлений R_{18} и R_{11}. При выборе их значений следует руководствоваться следующими соображениями: суммарная их величина должна быть равна 0,375 *мгом*, а напряжение на ползунках потен-

---

[1] Внутренняя развертка должна быть выключена, для чего переключатель $П_1$ переводится в 4-ю позицию — „Внешняя развертка".

циометров R_{13} и R_{14} относительно шасси должно быть равно нулю, когда они находятся примерно в среднем положении.

После этого можно поставить на место трубку. Когда трубка прогреется, то в середине ее должно появиться пятно. Регулировкой сопротивлений R_9 и R_{10} необходимо добиться, чтобы пятно превратилось в точку, яркость которой была бы не слишком велика, что должно произойти, когда ползунки сопротивлений находятся примерно в середине. Необходимо проверить при этом правильность включения сопротивления R_9. Яркость луча должна увеличиваться при вращении ручки сопротивления R_9 по часовой стрелке. В противном случае концы необходимо поменять местами.

Далее, вращая ручки сопротивлений R_{13} и R_{14}, необходимо убедиться, что пятно перемещается от одного края экрана до другого и даже выходит за пределы его. Вращение ручек должно быть согласовано с перемещением пятна по экрану: при вращении по часовой стрелке ручки сопротивления R_{13} пятно должно перемещаться сверху вниз, при вращении ручки сопротивления R_{14}— слева направо.

В случае каких-либо ненормальностей в процессе налаживания режимов электронно-лучевой трубки, следует проверить качество переменных сопротивлений R_9, R_{10}, R_{13}, R_{14} и конденсаторов C_6, C_7, C_{17}, C_{18}, C_{19}. Обычно при налаживании этого участка схемы трудностей не встречается, схема сразу же начинает правильно работать.

После налаживания блока регулировок электронно-лучевой трубки можно приступать к налаживанию развертки. Для этого переключатель синхронизации переводится в первую позицию, в которой блок развертки оказывается подключенным к горизонтальным отклоняющим пластинам трубки, а ручка регулировки усиления устачавливается на максимум. На экране светящаяся точка при этом растянется в прямую линию. Если этого не произошло, то необходимо проверить монтаж и качество сопротивлений, конденсаторов и ламп $Л_2$, $Л_3$ и $Л_5$. Если же все в порядке, а развертки нет, то сопротивление R_7 надо несколько увеличить, но не больше чем до 2 000 *ом*, а сопротивление R_8 уменьшить до 1,5 *мгом*. Этого вполне достаточно, чтобы схема заработала. Затем необходимо убедиться, что развертка работает на всех диапазонах, а частота при регулировке ее переключателем $П_2$ и сопротивлением R_{25} изменяется в пределах, указанных на стр. 68. Направление прямого хода развертки принято слева направо. Чтобы это проверить, устанавливается

минимальная частота (10 *гц*), при которой можно легко определить направление движения луча. Если развертка происходит в обратном направлении, трубку следует повернуть на 180° и перепаять концы сопротивлений регулировки смещения луча (R_{13} и R_{14}).

Далее проверяется работа усилителя по оси «*Y*» и синхронизация. Проверка осуществляется подачей на вход усилителя напряжения синусоидальной формы от звукового генератора. Измеряется величина входного напряжения и размер осциллограммы на экране осциллографа при двух положениях движка сопротивления регулировки усиления R_1— при максимуме усиления и при усилении, равном 20% от максимального. В первом положении завал частотной характеристики должен начинаться с 25 *кгц*, при втором — с 10 *кгц*. Если характеристика начнет падать при более низких частотах, то следует уменьшить величину сопротивления R_3 и конденсатора C_2. Можно также последовательно с сопротивлением включить небольшую индуктивность порядка 10—15 *мгн*.

Далее надо определить, правильно ли включены отклоняющие по вертикали пластины, подавая на вход усилителя на оси «*Y*» положительные импульсы, например подключая батарейку от карманного фонаря. При этом луч должен в первый момент отклониться вверх. В противном случае провода, идущие к отклоняющим электродам, надо поменять местами.

Примененный в осциллографе тип развертки очень хорошо синхронизируется, поэтому неисправности могут быть только из-за поврежденных сопротивления R_{17}, конденсатора C_{10} или переключателя *П*. На этом налаживание осциллографа можно считать законченным.

РАБОТА С ОСЦИЛЛОГРАФОМ

В задачу настоящей брошюры не входит описание всех видов измерений, которые можно производить с электронным осциллографом, поэтому ограничимся лишь краткими рекомендациями для типовых измерений.

1. Исследование формы кривой напряжения. Исследуемое напряжение подается на входные зажимы усилителя по оси «*Y*». Переключатель синхронизации переводится в первую позицию — «внутренняя синхронизация». Сопротивлением R_1 устанавливают необходимое усиление, а переключателем $П_2$ и сопротивлением R_{25} — частоту развертки. Эта

частота должна быть в 2—3 раза меньше частоты исследуемого сигнала. В этом случае на экране осциллографа укладываются 2—3 полных периода исследуемого сигнала. Сопротивлением R_{17} надо добиться синхронизации (полной остановки изображения).

Если необходимо более детально исследовать какой-либо участок кривой, то усиление устанавливается максимальным, а сопротивлением R_{13} осциллограмма перемещается вверх или вниз до тех пор, пока интересующий участок кривой напряжения не окажется в середине экрана трубки.

При исследовании напряжений более высокой частоты с достаточно большой амплитудой, переключателем $П_3$ входные зажимы осциллографа подключаются непосредственно к отклоняющим пластинам трубки.

2. Измерение величины напряжения. Для того чтобы измерять амплитуду переменного напряжения, сопротивлением R_1 предварительно устанавливается масштаб. Это осуществляется подачей на вход синусоидального напряжения, амплитуда которого известна. Если не требуется большая точность, то на вход усилителя подается напряжение с выходного зажима осциллографа, находящегося под переменным потенциалом, равным 6,3 *в* (напряжение накала ламп). При необходимости иметь большую точность, подаваемое напряжение измеряется на входных зажимах катодным вольтметром. Амплитуда осциллограммы устанавливается по масштабной сетке, нанесенной на целлулоиде, которую при такого рода измерениях закрепляют перед экраном трубки. Величина исследуемого напряжения определяется как произведение числа делений масштабной сетки на цену одного деления.

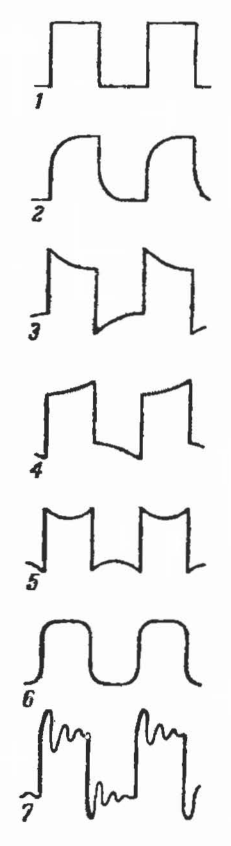
3. Исследование частотных и фазовых характеристик усилителей низкой частоты. Для такого типа измерений необходимо иметь генератор прямоугольных импульсов. Напряжение с генератора подключается к входу усилителя, выход которого соединен с осциллографом. Генератором задается необходимая частота, а по форме выходного напряжения судится о наличии и величине фазовых и частотных искажений. Вид получающихся при этом на экране кривых и характер искажений показан на фиг. 36.

4. Исследование полосы пропускания контуров радиоприемника. Эти измерения производятся совместно с генератором качающейся частоты. Модуляция генератора осуществляется пилообразным напряжением развертки осцил-

лографа, снимаемым с зажима *6*. Частота генератора подается на соответствующие точки схемы исследуемого приемника. Входные зажимы осциллографа (*1* и *2*) подключаются к нагрузке детектора.

5. Использование внешней синхронизации. При этом переключатель $П_1$ переводится в 3-ю позицию — «Внешняя синхронизация», а к зажимам *5* и *2* (или *4*) подключается источник импульсов внешней синхронизации. Например, если необходимо исследовать форму строчного синхронизирующего импульса, то к входу осциллографа подключается напряжение, снимаемое с анода усилителя синхронизации телевизора, а к зажиму «Внешняя синхронизация» подключается напряжение строчной развертки.

6. Осциллографическое сравнение частот. Переключатель $П_1$ переводится в 4-ю позицию — «Внешняя развертка». К входу усилителя по оси «*Y*» подключается исследуемое напряжение, а к входу усилителя по оси «*X*» — синусоидальное напряжение от генератора звуковой частоты. Изменением частоты звукового генератора добиваются, чтобы кривая на экране трубки превратилась в неподвижный или медленно вращающийся эллипс или окружность. В этом случае частота исследуемого напряжения равна частоте звукового генератора. Если исследуемое напряжение не имеет синусоидальной формы, то тогда вместо эллипса на экране должна появиться несамопересекающаяся кривая. Если же исследуемая частота выходит за пределы частот, генерируемых звуковым генератором, то ее определяют по фигурам Лиссажу.



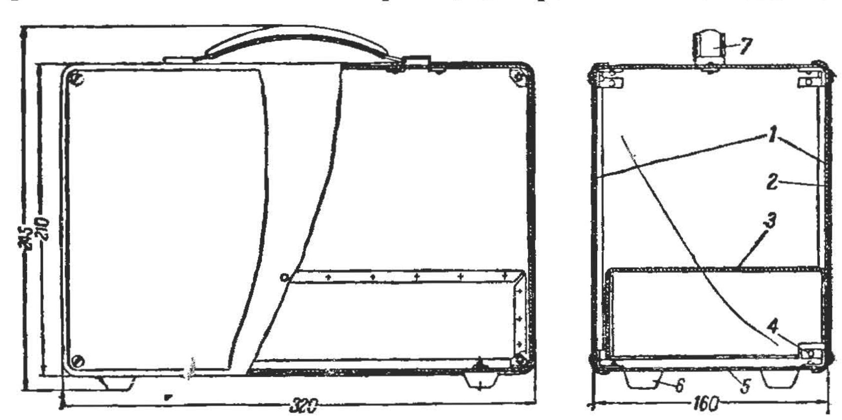
Фиг. 36. Искажения прямоугольного импульса.

1 — неискаженный входной прямоугольный импульс; *2* — частотная характеристика имеет завал в области высоких частот; *3* — *а* — частотная характеристика имеет завал в области низких частот; *6* — мала постоянная времени *RC* переходной цепи; *4* — велика постоянная времени *RC* переходной цепи; *5* — сильный подъем низких частот по сравнению со средними в корректированном усилителе; *6* — значительные фазовые искажения в области высоких частот; *7* — наличие колебательных контуров, например индуктивность с собственной распределенной емкостью.

КОНСТРУКЦИЯ ПРИБОРОВ И ДЕТАЛЕЙ

Все приборы за исключением осциллографа заключены в одинаковые корпуса. Конструкция корпуса показана на фиг. 37, а его детали на фиг. 38. Корпус состоит из передней и задней стенок, кожуха, шасси и скрепляющих уголков. В качестве материала для стенок лучше всего использовать мягкий 1,5—2-*мм* алюминий.

Переднюю и заднюю стенки кожуха выколачивают деревянным молотком на оправке, которая изготовляется из



Фиг. 37. Конструкция корпуса приборов.

1 — передняя и задняя крышки; *2* — облицовочная накладка; *3* — шасси; *4* — скрепляющие уголки (8 шт); *5* — кожух; *6* — резиновые ножки (4 шт); *7* — ручка (патефонная).

10—12-*мм* фанеры. Эта же оправка служит и своеобразным кондуктором, по которому в крышках сверлят отверстия под заклепки для крепления шасси к передней крышке и под винты, скрепляющие крышки с кожухом. Размеры оправки определяются размерами внутренней полости крышки.

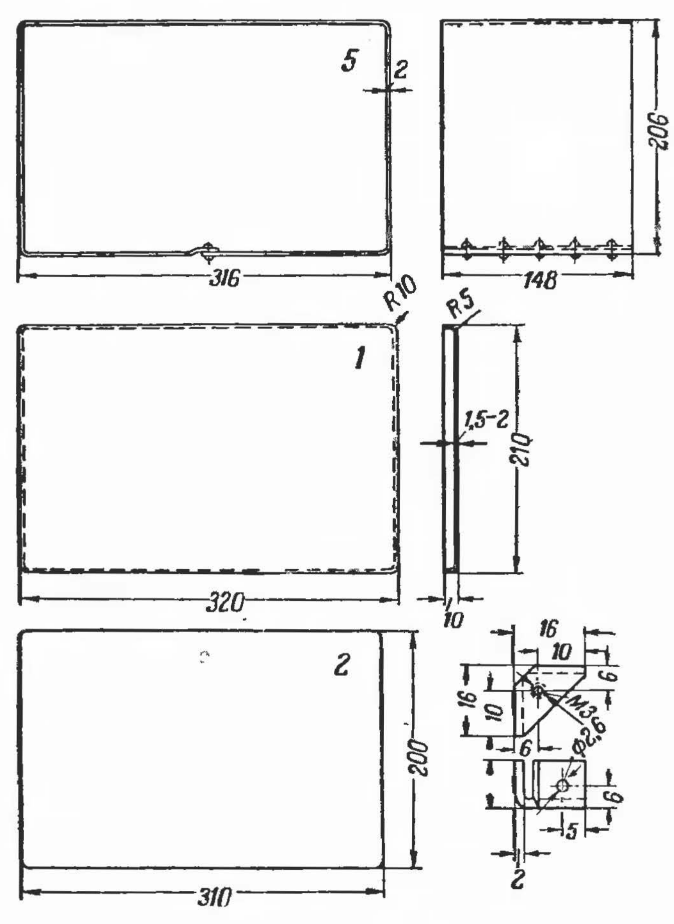
На изготовленных крышках размечают и сверлят отверстия для крепления деталей.

Конструкция и раскройка шасси для приборов показана на фиг. 39.

После того как шасси вырезано, согнуто и склепано, на нем размечают все отверстия под ламповые панели и другие детали. Так как габаритные размеры основных крупных деталей могут несколько отличаться от описанных в этой брошюре, то перед тем как вырезать отверстия, следует раз-

местить детали на шасси и проверить их взаимное расположение. Если детали не мешают друг другу, то можно вырезать намеченные отверстия.

Кожух изготовляют также из 1,5—2-*мм* алюминия. В качестве заготовки берут полосу размером 1060×148 *мм* и сги-

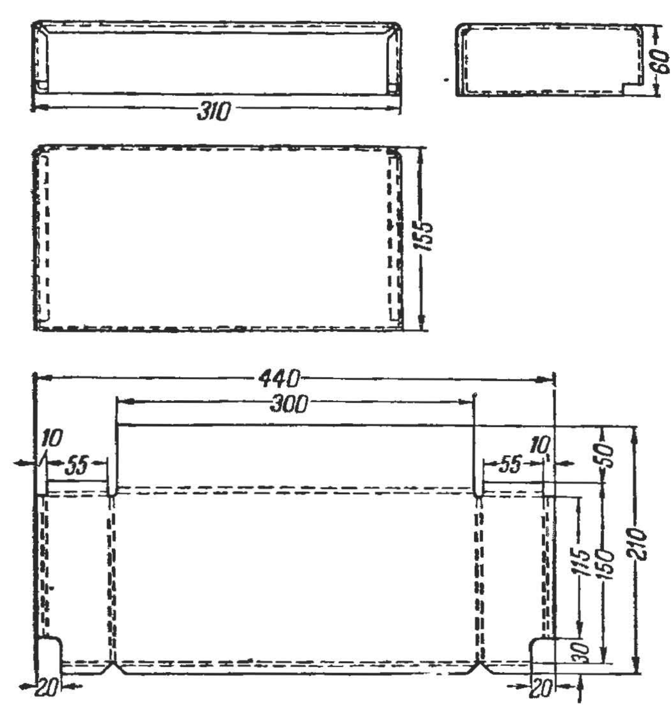


Фиг. 38. Детали корпуса приборов.

бают ее в четырех местах таким образом, чтобы шов был расположен в середине нижней стороны. Шов скрепляется 4—5 заклепками диаметром 2,5—3 *мм*. В углах кожуха приклепываются 8 крепежных уголков. С помощью этих уголков крышки прибора присоединяют винтами к кожуху.

К нижней стенке кожуха винтами прикрепляют четыре резиновых ножки, к верхней — кожаную ручку.

Перед окончательной сборкой корпуса прибора все крупные детали ставят и крепят на шасси к передней стенке, чтобы еще раз убедиться в правильности размещения их.



Фиг. 39. Конструкция и развертка шасси для приборов.

Далее в шасси по отверстиям в передней панели сверлятся отверстия под заклепки, и шасси склепывается с передней панелью. После этого шасси и кожух можно окрасить и приступить к монтажу схемы.

Габаритные размеры приборов не являются строго критичными, и каждый, естественно, может поместить изготавливаемые им приборы в корпусе других размеров и конструкции. Данные силовых трансформаторов и дросселей всех приборов сведены в таблицы, помещенные на 2-й и 3-й стр. обложки.

ДАННЫЕ ДРОССЕЛЕЙ ПРИБОРОВ

	Дроссель по схеме	Тип пластин	Толщина набора, мм	Зазор	Диаметр каркаса, мм	Провод	Число витков
Генератор высокой частоты	*Др*$_1$	—	—	—	11	ПЭШО 0,15	100 + 50 + 110[1]
	Др$_2$	Ш-16	16	0,2	—	ПЭ 0,2	2 500
	Др$_3$	Ш-19	19	0,5	—	ПЭ 0,3	3 500
	Др$_{4 и 7}$	—	—	—	15	ПЭШО 0,4	75[1]
Генератор звуковой частоты	*Др*$_{1 и 2}$	Ш-19	19	0,5	—	ПЭ 0,3	3 500
Куметр	*Др*$_1$	Ш-19	19	0,5	—	ПЭ-0,3	3 500
	Др$_{2 и 3}$	—	—	—	15	ПЭШО 0,4	75[1]

[1] Намотка типа „Универсаль".

Цена 2 р. 25 к.